GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO REGIONAL

CONSEJO DE MONUMENTOS NACIONALES

INFORME GEODESICO:

QHAPAQ ÑAN CHILE

REGISTRO TOPOGRAFICO DEL ITINERARIO CULTURAL

GEOMENSURA

Marzo de 2010

Av. Mariano Sánchez Fontecilla N° 11.490. Peñalolén. Fono: (56-2)7588541 / 09-8854634 contacto@egv.cl www.egv.cl

CONTENIDO

1.- INTRODUCCION **3**

2.- OBJETIVOS **4**

3.- INSTRUMENTAL **5**

4.- METODOLOGIA DE TRABAJO

4.1.- Labor Arqueologica **9**

4.2.- Labores Geodésicas y Topográficas
- **4.2.1.- Generalidades** **10**
- **4.2.2.- Construcción de puntos de apoyo** **10**
- **4.2.3.- Medición GPS Estático para redes geodésicas** **12**
- **4.2.4.- Medición GPS Cinemático para levantamientos topográficos** **13**
- **4.2.5.- Medición GPS en tiempo real (RTK) para levantamientos topográficos** **14**
- **4.2.6.- Medición con estación total para levantamientos topográficos** **14**

4.3.- Desarrollo de las mediciones por región
- **4.3.1.- Región de Arica y Parinacota** **15**
- **4.3.2.- Región de Antofagasta** **26**
- **4.3.3.- Región de Atacama** **62**

5.- CONCLUSIONES Y COMENTARIOS **80**

1.- INTRODUCCION

En Julio del año 2001, Chile mantiene su compromiso con la iniciativa impulsada por el Gobierno del Perú para la postulación multilateral ante la UNESCO, del Camino del Inka como Sitio del Patrimonio Mundial. El 23 de Mayo del 2002, se firmó una declaración entre los Jefes de Estados de Argentina, Bolivia, Chile, Colombia, Ecuador y Perú, ratificando su pleno apoyo a la iniciativa del *Qhapaq Ñan.* Finalmente durante la XVIII Cumbre Iberoamericana de El Salvador del año 2008. La Sra. Presidenta Michelle Bachelet y los mandatarios iberoamericanos, ratificaron el sostenimiento al proyecto *Qhapaq Ñan* para su proceso de nombramiento como Patrimonio Mundial.

Acorde a lo manifestado anteriormente, la Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo del Ministerio del Interior del Gobierno de Chile (SUBDERE), solicitó contratar el estudio *"Diagnóstico sobre el Estado de Situación del Qhapaq Ñan en Chile – Registro Topográfico del itinerario cultural".*

El presente documento, expresa los resultados de los trabajos geodésicos y topográficos realizados entre los mese de Diciembre del 2009 y Febrero del 2010, en donde la empresa EGV GEOMENSURA, quien se adjudicara el estudio encargado por la SUBDERE, realizó los trabajos encomendados en los siguientes tramos y subtramos:

- Subtramo 1 : Putre – Zapahuira, Región de Arica y Parinacota, Provincia de Parinacota, Comuna de Putre.
- Tramo 2 : Alto Loa: Miño - Lasana, Región de Antofagasta, Provincia el Loa, Comuna de Calama.
- Subtramo 3 : Cupo – Incahuasi; Catarpe, Región de Antofagasta, Provincia el Loa, Comunas de Calama y San Pedro de Atacama.
- Subtramo 4A : Despoblado de Atacama: Camar – Peine, Región de Antofagasta, Provincia El Loa, Comuna de San Pedro de Atacama.
- Subtramo 4B : Despoblado de Atacama: Portal del Inca – Sierra de Capis, Región de Atacama, Provincia de Copiapó, Comuna de Diego de Almagro.

De forma global se quiere dar a conocer el proceso de un proyecto que involucra especialidades como Arqueología, Geomensura y Cartografía, lo que llevará a establecer como Patrimonio Mundial ante la UNESCO el ya mencionado *Qhapaq Ñan*, que cruza por uno de los paisajes más árido, inhóspito y hermoso de nuestro planeta tierra, el que es rico en historia, culturas y conocimientos tanto como lo fue en el pasado, es en el presente y será en un futuro durante sus largos años de tránsito.

2.- OBJETIVOS

Los trabajos encomendados tienen como objetivo principal la recopilación de información topográfica de los tramos de camino seleccionados en la postulación bajo la condición de Itinerario Cultural, en la lista de patrimonio Mundial del *Qhapaq Ñan – Chile*, que será entregado a la UNESCO de acuerdo a los compromisos establecidos.

Expresado ya el objetivo principal, se puede señalar los objetivos complementarios para el proyecto.

- Habilitar información topográfica actualizada y detallada en formato digital y papel del sector del trabajo.

- Establecer una planimetría digital de las zonas de trabajos definidas con características de precisión desde una escala 1:200.

- Proyectar capas o niveles de información gráfica y alfanumérica altamente desagregados para su posterior gestión en un sistema informatizado que conformará el Catastro Digital del proyecto de postulación.

- Identificar, señalizar y observar una Red de Vértices Topográficos enlazados al Sistema de Referencia Geodésico Nacional, disponiendo así de hitos georreferenciados en terreno que conformen la red geodésica local.

3.- INSTRUMENTAL UTILIZADO

El instrumental utilizado para ejecutar las labores geodésicas y topográficas de campo se detallan y describen brevemente a continuación:

- Cinco equipos GPS geodésicos de doble frecuencia, marca TOPCON modelos Hiper Lite y Hiper +.

Dentro de sus características se incluye la mitigación del efecto *multipath* y el rastreo cooperativo, garantizando la recepción tanto en un follaje denso, como con una señal débil. En cuanto a la antena el receptor calcula las coordenadas del centro de fase de la antena. Para determinar las coordenadas del marcador de estación.

Las antenas realizan dos tipos de mediciones:

• ***Vertical*** medida desde el marcador al punto de referencia de la antena (ARP) ubicado en el extremo inferior del receptor en la base de las roscas de montaje.

• ***Inclinada*** medida desde marcador al borde inferior de la marca de medición de altura inclinada (SHMM) ubicada en los paneles posteriores del receptor.

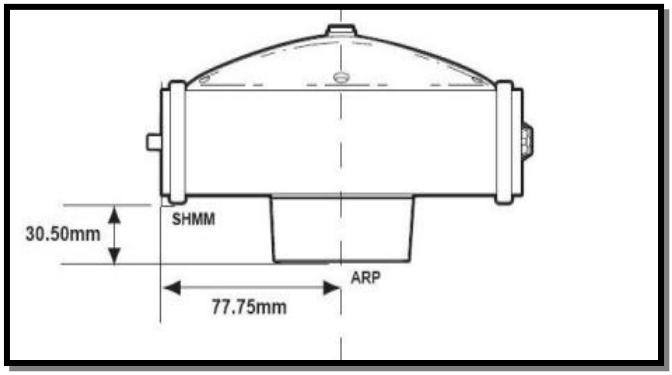


Figura_ Desplazamientos de las Antenas del HiPer Lite y del HiPer +

- Desplazamiento vertical SHMM a ARP = 30.50mm
- Desplazamiento horizontal SHMM a ARP = 77.75mm

- El post procesamiento de la información obtenida en el terreno, tanto para redes geodésicas como para levantamientos topográficos, se realizó con el software PINNACLE de TOPCON.

PINNACLE es un programa completamente avanzado de post-proceso de datos GPS, otorgando excelentes resultados con una facilidad de manejo que incrementa la productividad y fiabilidad de los trabajo. Entre sus funciones se encuentran:

- Planificación de observaciones GPS en L1 o L2 .

- Importación de archivos de datos en brutos en diferentes formatos, incluyendo el universal RINEX.

- Filtrado y verificación de integridad de datos.

- Cálculo de líneas base observadas en estático, cinemático, stop & go, de manera interactiva o automática.

- Ajuste de redes por mínimos cuadrados.

- Obtención de diversos informes del cálculo así como exportación de resultados a formatos estándar tipo ASCII o DXF.

- Para el apoyo en terreno, relacionadas con la navegación sobre las rutas del Qhapa Ñan y ubicación de vértices geodesicos, se utilizaron tres GPS navegadores marca GARMIN modelo GPS 60.

Este es un modelo polivalente, que ofrece muchas utilidades en cualquier lugar geográfico.

- Es un equipo diseñado para resistir todo tipo de clima, equipado con una tecnología que alarga la vida de las pilas.

- Su pantalla de alto contraste con 4 niveles de grises proporciona al usuario una calidad de visión en cualquier tipo de aplicación.

- Consta de una memoria interna de 1 MB

- Incorpora protocolo de conexión NMEA que lo hace compatible con otros tipos de aparatos electrónicos, tanto navegadores como PC`s.

- Para el levantamiento topográfico, en zonas donde la recepción satelital no era óptima, se utilizaron estaciones totales Marca TOPCON modelo CTS 3005 de graduación centesimal a los 2” y precisión de 5”; en distancia de +/- 3mm. + 2 ppm.

4.- METODOLOGIA DE TRABAJO

Para la obtención de la información planimétrica del estudio, se debe inicialmente realizar el registro de las mensuras de los bienes arqueológicos y el entorno presente en el área del camino definida, con el fin de identificar las distancias o las relaciones de los elementos presentes en el territorio que servirá de insumo a los otros proyectos relacionados con el Qhapaq Ñan.

4.1- LABOR ARQUEOLÓGICA

Según lo anteriormente señalado, se hace indispensable la labor de un arqueólogo que valide las rutas de Qhapaq Ñan entregadas por el Consejo de Monumentos Nacionales, y además identifique los elementos arqueológicos del área de estudio. Esta responsabilidad la tuvo el Sr. Francisco Garcia-Alvarido Guede, licenciado en Antropología, con mención en Arqueología de la Universidad de Chile.

Su labor para el desarrollo de estas obras, se resumen principalmente en los siguientes puntos:

- Recibir la información proporcionada por el Consejo de Monumentos Nacionales, relacionada con las rutas del Qhapaq Ñan identificadas anteriormente.
- En terreno estas rutas son validadas tras el recorrido del 100% de los tramos involucrados en el estudio, y a la vez identificar las estructuras y elementos asociados a éste dentro del área de influencia. Esta área de influencia corresponde a 10 metros a cada lado del Qhapaq Ñan, con excepcion de los Tambos del Jardin y Tambo de la Sal.
- En el caso de los elementos y estructuras asociadas, el arqueologo fue el encargado de generar la Ficha Fotográfica; por lo tanto fotografió, georreferenció (con GPS navegador) y describió los elementos reconocidos en el recorrido del Qhapaq Ñan, posteriormente con esta información, generó la citada Ficha que forma parte de los archivos complementarios adjuntos en formato digital.

4.2- LABORES GEODESICAS Y TOPOGRAFICAS

4.2.1.- Generalidades

Todas las labores geodésicas y topográficas involucradas en el estudio, fueron realizadas por los Ingenieros Geomensores; Alvaro López Guamán Ing. Geomensor de la Universidad Tecnológica Metropolitana y Rodrigo Jaramillo Baltra Ing. Geomensor de La Universidad de Santiago de Chile. La supervisión y planificación del estudio estuvo a cargo del Ing.Geomensor de la Universidad Tecnológica Metropolitana Esteban González Vásquez.

Antes de iniciar las labores en terreno, se realizó en gabinete una planificación de las redes geodésicas de apoyo necesarias para el posterior trabajo topográfico; esta planificación se llevó acabo, apoyados en la información proporcionada por el Consejo de Monumentos Nacionales. En terreno estas redes fueron recorridas y luego validadas o modificadas según la factibilidad de ser construidas y medidas.

4.2.2.- Construcción de puntos de apoyos.

Para las redes geodésicas de cada región en estudio se realizó la construcción de puntos de apoyo, que en este caso fueron nombrados como "RP" para la red primaria, los cuales tienen su origen en puntos geodésicos de la red geodésica nacional IGM, MBN ó SHOA. y "RS" para la red secundaria, que tiene su origen en las redes primarias.

La monumentación de los RP (Red primaria) y RS (Red secundaria), se materializaron de acuerdo al siguiente detalle: Monolito de hormigón, construido in situ de base superior e inferior circular de 30x30x60cm, con estaca de fierro estriado de 16mm de diámetro por 80cm de largo, colocado a ras de terreno natural. Empotrado al hormigón quedó placa de aluminio marcada con letras y números de impacto, con la designación y numeración propia.

El proceso de construcción se grafica en la siguiente secuencia de imágenes:

La ubicación de los puntos de apoyo fue definida a partir de lo indicado por el arqueólogo, con el fin de evitar impacto al Qhapaq Ñan (por lo que se ubicaron a una distancia prudente del Qhapaq Ñañ o cualquier elemento arqueológico que pudiera ser afectado) y al ambiente que lo rodea. Por el mismo motivo es que se opta por no dejar señalización en los vértices, permitiendo un mayor mimetismo con el ambiente natural.

4.2.3.- Medición GPS estáticos para redes geodésicas

Para todas las redes geodésicas medidas en el estudio, se aplicaron las siguientes consideraciones generales:

- Método de medición aplicado: GPS Geodésico Diferencial Estático con post proceso.

- Instrumental: GPS geodésico de doble frecuencia (L1/L2) y doble constelación (GPS+Glonass)

- Post Proceso: Software Pinnacle de Topcon Inc., aplicando corrección geoidal a través del modelo EGM-96, para los efectos del traslado de elevaciones NMM.

- El proceso de cálculo para la obtención de coordenadas U.T.M. huso 19 en el Dátum SIRGAS, se realizó por fijación de las coordenadas del vértice de vinculación.

- Tiempos: Los tiempos de grabación de datos GPS aplicados en terreno, está dado a razón de 15 min./Km, para los lados del poligono que conforma la red.

- Épocas: La configuración de los equipos quedó definida a épocas de 5 seg.

- Ángulo de corte: Los equipos se configuraron con ángulos de corte de 15°

- PDOP: Se aplicó el criterio de, Inferior a 4 (lo deseable) o inferior a 6 (lo tolerable)

- Fuerza de figura: Para las vinculaciones primarias y secundarias se realizaron figuras cerradas, triángulos o cuadrilateros. Para la pseudo-medición de los vectores se emplearon 05 equipos GPS geodésicos de doble frecuencia en forma simultánea en terreno.

4.2.4.- Medición GPS cinemáticos para levantamientos topográficos

Para todos los levantamientos del área de estudio donde se aplicó el método cimemático con post procesamiento, se aplicaron las siguientes consideraciones generales:

- Método de medición aplicado: GPS Geodésico Diferencial Cinematico con post proceso.

- Instrumental: GPS geodésico de doble frecuencia (L1/L2) y doble constelación (GPS+Glonass)

- Post Proceso: Software Pinnacle de Topcon Inc., aplicando los filtros necesarios para eliminar los puntos cuyas presiciones quedaron fuera de tolerancia.

- El proceso de cálculo para la obtención de coordenadas U.T.M. huso 19 en el Dátum SIRGAS, se realizó por fijación de las coordenadas del vértice de vinculación de la red primaria “RP” o secundaria “RS”.

- Épocas: La configuración de los equipos quedó definida a épocas de 5 seg.

- Ángulo de corte: Los equipos se configuraron con ángulos de corte de 15°

- Registros: Los registros del levantamiento fueron realizados en forma ordenada y considerando las alturas de antena, tiempos de medición para cada elemento levantado en terreno. De esta forma se facilita la etapa del post procesamiento.

- Al momento del levantamiento se llevó el registro de los elementos arqueológicos identificados, para levantar la totalidad de estos.

4.2.5.- Medición GPS en tiempo real (RTK) para levantamientos topográficos

Principalmente esta metodología se aplicó en los sectores donde se requería levantar una gran cantidad de elementos en áreas relativamente pequeñas, es decir donde se necesitaba una mayor densidad de información del terreno, como por ejemplo el sector de Cerro Verde o los Tambos de la Sal y del Jardín.

- Método de medición aplicado: GPS Geodésico en tiempo real (RTK)
- Instrumental: GPS geodésico de doble frecuencia (L1/L2) y doble constelación (GPS+Glonass)
- La determinación de las coordenadas se obtiene in situ a traves de la colectora FC 200, la cual cuenta con el software de operación para tiempo real de TOPCON TopSURV.
- El apoyo para las mediciones se realiza directamente desde los vértices de las redes medidas, ya sean primarias o secundarias.
- Al momento del levantamiento se llevó el registro de los elementos arqueológicos identificados, para levantar la totalidad de estos.

4.2.6.- Medición con Estación Total para levantamientos topográficos.

Esta metodología fue aplicada para levantar los sectores del Qhapaq Ñan, donde no existía una buena cobertura satelital para las mediciones con GPS, de esta forma la metodología tradicional con Estación Total fue un apoyo y se utilizó solo en sectores puntuales, principalmente sectores de quebradas con baja recepcion satelital o lugares inaccesibles como bordes de cortes verticales.

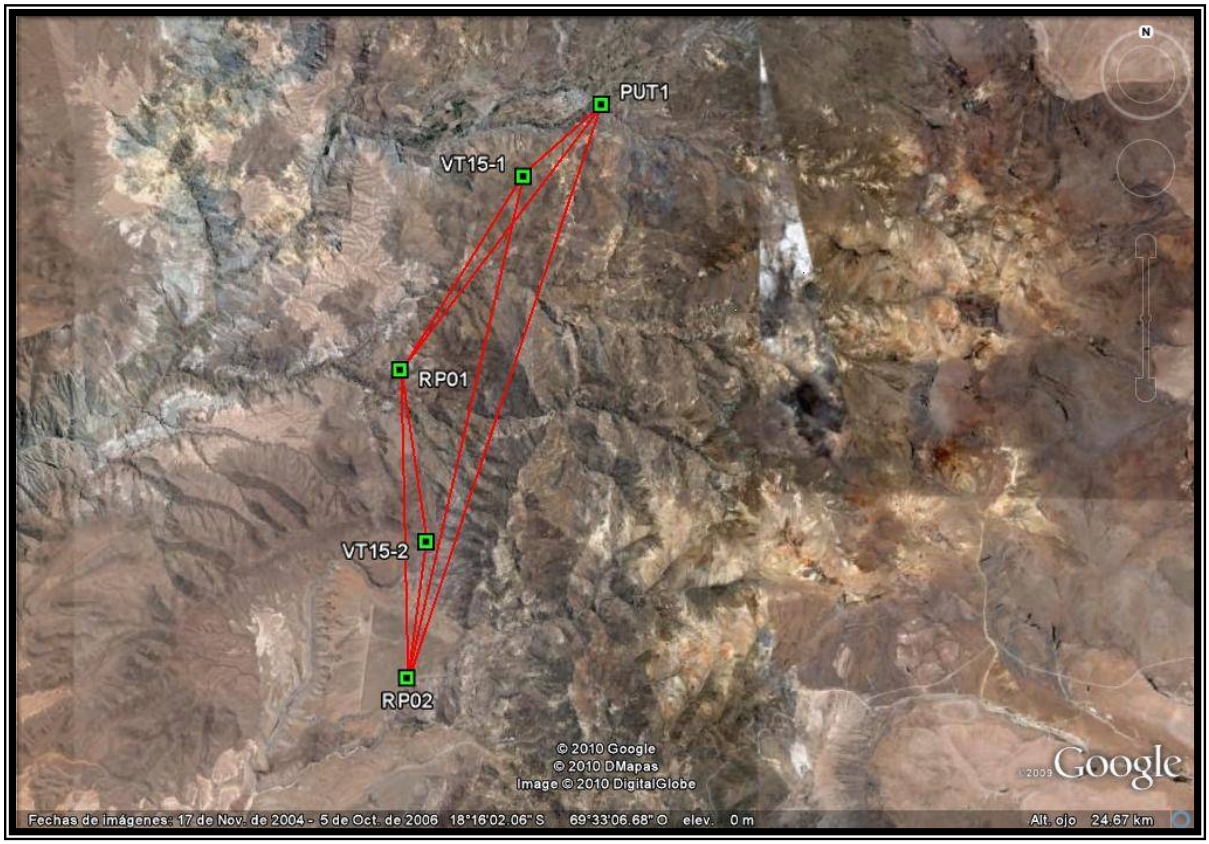
- Método de medición aplicado: Levantamiento topográfico tradicional con Estación Total
- Instrumental: Estacion Total TOPCON CTS 3005 con colectora interna de datos
- El apoyo topográfico en estos casos fue desde puntos auxiliares medidos con GPS, aplicando el método estático rápido ó RTK.

4.3- DESARROLLO DE LAS MEDICIONES POR REGION

4.3.1.- Region de Arica y Parinacota

- **Red geodésica**

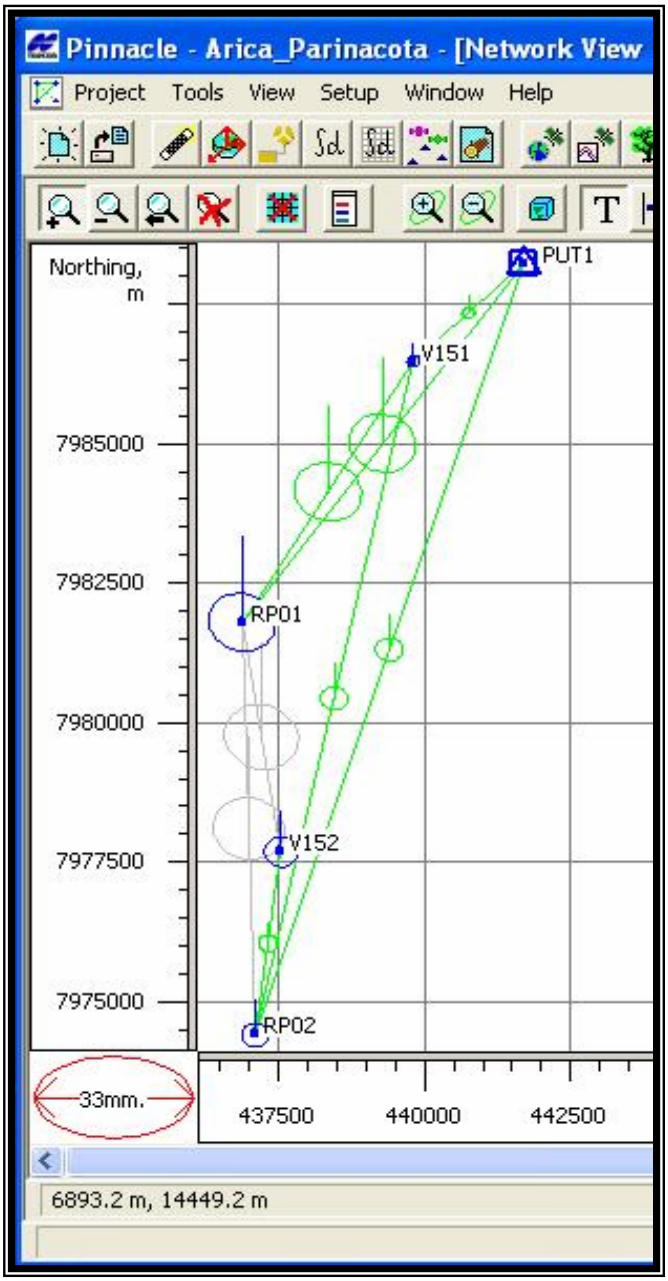
La red fue diseñada considerando los vértices existentes en el área, que corresponden a PUT1 perteneciente al Ministerio de Bienes Nacionales, VT15-1 VT15-2 generados por Geometrica EIRL en la campaña realizada entre marzo y julio de 2009. Con los vértices mencionados anteriormente y realizado el reconocimiento de terreno previo, se diseña la red para la zona, en la cual, además, de los tres vértices descritos, se agrega los vértices RP01 y RP02, los que se construyen por EGV. El croquis de la red se presenta a continuación:



Para las mediciones geodésicas con GPS de los 5 vértices que comprenden la nueva red de apoyo topográfico, se utilizaron los 4 equipos disponibles, los que fueron medidos en 2 sesiones.

- **Post Proceso red EGV ajustada a vértices oficiales**

Del post proceso de la información recolectada, mediante el software PINNACLE de TOPCON, se obtiene la calidad de las mediciones realizadas y la consistencia de figura medida. En una primera instancia y para verificar las mediciones realizadas por EGV el ajuste de la red se realiza haciendo la ligazón a partir del vértice oficial del Ministerio de Bienes Nacionales PUT1.



En la figura anterior se puede observar en el extremo inferior izquiero el cierre total de la red medida.

A continuación se presenta un cuadro con la información resumida de la calidad obtenida en cada uno de los vértices. El cuadro muestra el vértice medido y los valores RMS o error medio cuadrático de las componentes norte, este y elevación expresadas en milímetros.

PUNTO	RMS (mm)		
	s(N)	s(E)	s(U)
PUT1	0.0	0.0	0.0
RP01	6.2	6.8	18.5
RP02	2.5	2.8	7.8
VT15-1	1.2	1.3	3.9
VT15-2	3.1	3.4	9.0

La tabla anterior permite verificar las tolerancias exigidas para la medición de los vértices medidos con GPS, que corresponden a 0,02 m en planimetría y 0,10 m en altimetría, según indican las bases tecnicas.

Los valores obtenidos del procesamiento de las líneas bases y ajuste de la red geodésica, se observan en la siguiente tabla:

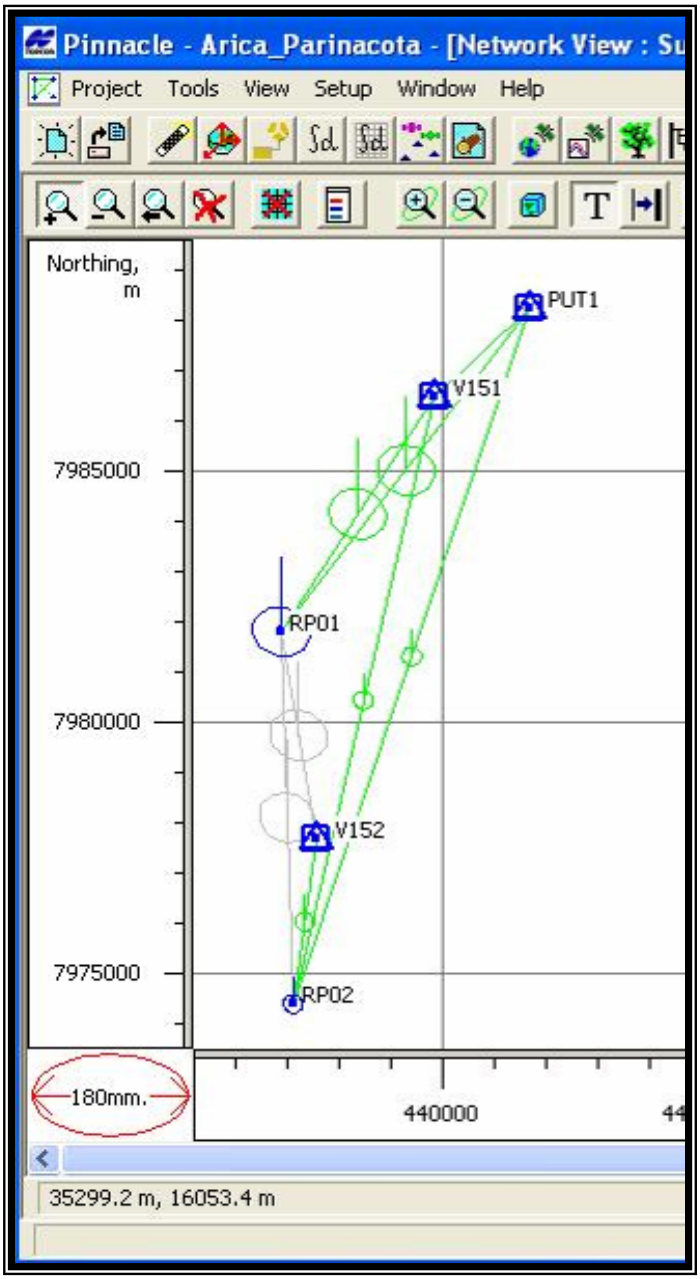
RED ARICA Y PARINACOTA, AJUSTE VERTICE OFICIAL			
PUNTO	NORTE	ESTE	ALTURA ELIP.
PUT1	7987838.956	441497.050	3627.624
VT15-1	7986095.123	439624.740	3802.215
VT15-2	7977301.392	437349.319	3543.782
RP01	7981423.865	436684.883	3197.532
RP02	7974025.576	436911.005	3440.188

Al obtener y analizar los resultados, se observan discrepancias entre las coordenadas y cotas de los vértices VT15-1 y VT15-2 creados y medidos previamente por Geometrica EIRL. Las difrencias expresadas en milímetros son:

PUNTO	NORTE	ESTE	ALTURA ELIP.
PUT1	0	0	0
VT15-1	0.006	0.002	2.284
VT15-2	0.001	-0.005	2.451

Debido a las diferencias existentes entre los vértices generados por Geometrica EIRL. y los medidos actualmente por EGV, se realiza un nuevo ajuste, con el fin de crear una comunión entre los resultados de ambas empresas, además, permitirá mantener una misma referencia de coordenadas y alturas para el proyecto, esto permitirá empalmar los tramos realizados por ambas consultoras con una mayor correspondencia. Entonces, el nuevo ajuste realizado a la red, estará vinculado a los vértices PUT1 del Ministerio de Bienes Nacionales, VT15-1 y VT15-2 de Geometrica EIRL.

- **Post Proceso red EGV ajustada a vértices Oficiales y Geometrica EIRL.**



Al realizar el ajuste, se observa que el RMS (error medio cuadrático) del cierre de la figura aumenta de 33 mm a 180 mm (como se aprecia en la imagen anterior), esto debido a que la red se fuerza a ajustar a los vértices de Geometrica EIRL. y al vértice del Ministerio de Bienes Nacionales. Esto, además, implica directamente en el aumento del RMS de los vértices RP01 y RP02, lo que queda graficado en la siguiente tabla:

PUNTO	Sigmas(mm)		
	s(N)	s(E)	s(U)
PUT1	0.0	0.0	0.0
RP01	28.7	31.9	88.0
RP02	10.4	10.8	31.9
VT15-1	0.0	0.0	0.0
VT15-2	0.0	0.0	0.0

Los valores obtenidos del procesamiento de las líneas bases y ajuste de la red geodésica, ligados a los vértices PUT1, VT15-1 y VT15-2 se observan en la siguiente tabla:

RED ARICA Y PARINACOTA, AJUSTE VERTICE OFICIALES Y GEOMETRICA			
PUNTO	NORTE	ESTE	ALTURA ELIP.
PUT1	7987838.956	441497.050	3627.624
VT15-1	7986095.117	439624.738	3802.260
VT15-2	7977301.391	437349.324	3543.496
RP01	7981423.884	436684.851	3197.509
RP02	7974025.577	436910.995	3439.774

Para poder observar de una manera más gráfica las diferencias realizadas entre ambos ajustes, se adjunta cuadro de coordenadas con ambas formas de vinculaciones y tabla de diferencias en coordenadas y altura elipsoidal entre el ajuste con vinculación exclusivamente al PUT1 y el ajuste con vinculaciones a PUT1, VT15-1 y VT15-2.

CUADRO DE DIFERENCIAS REGION DE ARICA Y PARINACOTA						
PUNTO	AJUSTE VERTICE OFICIAL			AJUSTE VERT. OFICIAL Y GEOMETRICA		
	NORTE	ESTE	ALTURA ELIP.	NORTE	ESTE	ALTURA ELIP.
PUT1	7987838.956	441497.050	3627.624	7987838.956	441497.050	3627.624
VT15-1	7986095.123	439624.740	3802.215	7986095.117	439624.738	3802.260
VT15-2	7977301.392	437349.319	3543.782	7977301.391	437349.324	3543.496
RP01	7981423.865	436684.883	3197.532	7981423.884	436684.851	3197.509
RP02	7974025.576	436911.005	3440.188	7974025.577	436910.995	3439.774

PUNTO	DIFERENCIAS		
	NORTE	ESTE	ALTURA ELIP.
PUT1	0.000	0.000	0.000
VT15-1	0.006	0.002	-0.046
VT15-2	0.001	-0.005	0.286
RP01	-0.019	0.033	0.023
RP02	-0.002	0.009	0.414

Como se mencionó anteriormente con este ajuste utilizando los vértices geodésicos oficiales, es decir provenientes del IGM, MBB o SHOA, más los vértices creados por la empresa Geométrica, se busca ligar lo medido actualmente por EGV, a lo medido anteriormente por Geometrica, de esta forma se consigue un mejor empalme en las zonas donde se juntan los trabajos de ambas empresas.

Finalmente, se entrega el cuadro de coordenadas de la red de apoyo geodésica generada para el tramo de la región de Arica-Parinacota, utilizada para los levantamientos topográficos.

COORDENADAS U.T.M. DATUM SIRGAS HUSO 19

CUADRO DE COORDENADAS FINALES REGION DE ARICA Y PARINACOTA						
PUNTO	**NORTE**	**ESTE**	**COTA ORTOM.**	**LATITUD**	**LONGITUD**	**ALTURA ELIP.**
PUT1	7987838.956	441497.050	3582.397	18° 11' 52.18554"S	69° 33' 11.67870"O	3627.624
VT15-1	7986095.117	439624.738	3757.307	18° 12' 48.73781"S	69° 34' 15.60238"O	3802.260
VT15-2	7977301.391	437349.324	3499.159	18° 17' 34.61986"S	69° 35' 34.04102"O	3543.496
RP01	7981423.884	436684.851	3153.090	18° 15' 20.41828"S	69° 35' 56.21331"O	3197.509
RP02	7974025.577	436910.995	3395.619	18° 19' 21.15623"S	69° 35 '49.33608"O	3439.774

- **Fichas de los vértices de la red Arica y Parinacota.**

A continuación, se presentan las fichas de cada uno de los vértices medidos y creados, utilizados para conformar la red geodésica de la región.

GEOMENSURA	FICHA DEL VERTICE MEDIDO

Identificación Punto	**PUT1**
Mandante	SUBDERE
Proyecto	Diagnóstico sobre el estado de situación del Qhapac Ñan en Chile
Levantado por	Alvaro Lopez G.
Preparado por	Rodrigo Jaramillo B.
Revisado por	Esteban Gonzalez V.
Metodología de Medición	GPS ESTATICO
Instrumento	GPS Geodesico L1,L2 MarcaTopcon, mod.Hiper Lite
N° Serie	2630946
Fecha Medición	NOVIEMBRE 2009

CUADRO DE COORDENADAS		
Sistema Coordenado	UTM SIRGAS, HUSO 19	
Origen de las Coordenadas	Red Geodésica Ministerio de Bienes Nacionales.	
COORDENADAS PLANAS UTM		
NORTE	**ESTE**	**ELEVACION (n.m.m.)**
7987838.956	441497.050	3582.397
COORDENADAS GEOGRAFICAS		
LATITUD	**LONGITUD**	**ALTURA (Elipsoidal)**
18° 11' 52.18553"S	69° 33' 11.67869"O	3625.223

FOTOGRAFIAS

GEOMENSURA	FICHA DEL VERTICE MEDIDO

Identificación Punto	**VT15-1**
Mandante	SUBDERE
Proyecto	Diagnóstico sobre el estado de situación del Qhapac Ñan en Chile
Levantado por	Alvaro Lopez G.
Preparado por	Rodrigo Jaramillo B.
Revisado por	Esteban Gonzalez V.
Metodología de Medición	GPS ESTATICO
Instrumento	GPS Geodesico L1,L2 MarcaTopcon, mod.Hiper Lite
N° Serie	2630900
Fecha Medición	NOVIEMBRE 2009

CUADRO DE COORDENADAS		
Sistema Coordenado	UTM SIRGAS, HUSO 19	
Origen de las Coordenadas	SIRGAS, Ministerio de Bienes Nacionales.	
COORDENADAS PLANAS UTM		
NORTE	**ESTE**	**ELEVACION (n.m.m.)**
7986095.117	439624.738	3757.307
COORDENADAS GEOGRAFICAS		
LATITUD	**LONGITUD**	**ALTURA (Elipsoidal)**
18° 12' 48.73781"S	69° 34' 15.60238"O	3802.260

FOTOGRAFIAS

GEOMENSURA	FICHA DEL VERTICE MEDIDO

Identificación Punto	**VT15-2**
Mandante	SUBDERE
Proyecto	Diagnóstico sobre el estado de situación del Qhapac Ñan en Chile
Levantado por	Alvaro Lopez G.
Preparado por	Rodrigo Jaramillo B.
Revisado por	Esteban Gonzalez V.
Metodología de Medición	GPS ESTATICO
Instrumento	GPS Geodesico L1,L2 MarcaTopcon, mod.Hiper +
N° Serie	3780625
Fecha Medición	NOVIEMBRE 2009

CUADRO DE COORDENADAS		
Sistema Coordenado	UTM SIRGAS, HUSO 19	
Origen de las Coordenadas	SIRGAS, Ministerio de Bienes Nacionales.	
COORDENADAS PLANAS UTM		
NORTE	**ESTE**	**ELEVACION (n.m.m.)**
7977301.391	437349.324	3499.159
COORDENADAS GEOGRAFICAS		
LATITUD	**LONGITUD**	**ALTURA (Elipsoidal)**
18° 17' 34.61986"S	69° 35' 34.04102"O	3543.496

FOTOGRAFIAS

GEOMENSURA	FICHA DEL VERTICE CREADO

Identificación Punto	**RP01**
Mandante	SUBDERE
Proyecto	Diagnóstico sobre el estado de situación del Qhapac Ñan en Chile
Levantado por	Alvaro Lopez G.
Preparado por	Rodrigo Jaramillo B.
Revisado por	Esteban Gonzalez V.
Metodología de Medición	GPS ESTATICO
Instrumento	GPS Geodesico L1,L2 MarcaTopcon, mod.Hiper Lite
N° Serie	2630900
Fecha Medición	NOVIEMBRE 2009

CUADRO DE COORDENADAS		
Sistema Coordenado	UTM SIRGAS, HUSO 19	
Origen de las Coordenadas	SIRGAS, Ministerio de Bienes Nacionales.	
COORDENADAS PLANAS UTM		
NORTE	**ESTE**	**ELEVACION (n.m.m.)**
7981423.884	436684.851	3153.090
COORDENADAS GEOGRAFICAS		
LATITUD	**LONGITUD**	**ALTURA (Elipsoidal)**
18° 15' 20.41828"S	69° 35' 56.21331"O	3197.509

FOTOGRAFIAS

GEOMENSURA	FICHA DEL VERTICE CREADO

Identificación Punto	**RP02**
Mandante	SUBDERE
Proyecto	Diagnóstico sobre el estado de situación del Qhapac Ñan en Chile
Levantado por	Alvaro Lopez G.
Preparado por	Rodrigo Jaramillo B.
Revisado por	Esteban Gonzalez V.
Metodología de Medición	GPS ESTATICO
Instrumento	GPS Geodesico L1,L2 MarcaTopcon, mod.Hiper Lite
N° Serie	2630946
Fecha Medición	NOVIEMBRE 2009

CUADRO DE COORDENADAS		
Sistema Coordenado	UTM SIRGAS, HUSO 19	
Origen de las Coordenadas	SIRGAS, Ministerio de Bienes Nacionales.	
COORDENADAS PLANAS UTM		
NORTE	**ESTE**	**ELEVACION (n.m.m.)**
7974025.577	436910.995	3395.619
COORDENADAS GEOGRAFICAS		
LATITUD	**LONGITUD**	**ALTURA (Elipsoidal)**
18° 19' 21.15623"S	69° 35' 49.33608"O	3439.774

FOTOGRAFIAS

4.3.2.- Region de Antofagasta

- **Red geodésica**

La región de Antofagasta fue sectorizada en tres zonas, debido a que los tramos a levantar del Qhapaq Ñañ se encontraban distantes dentro de la región. Estas zonas son:

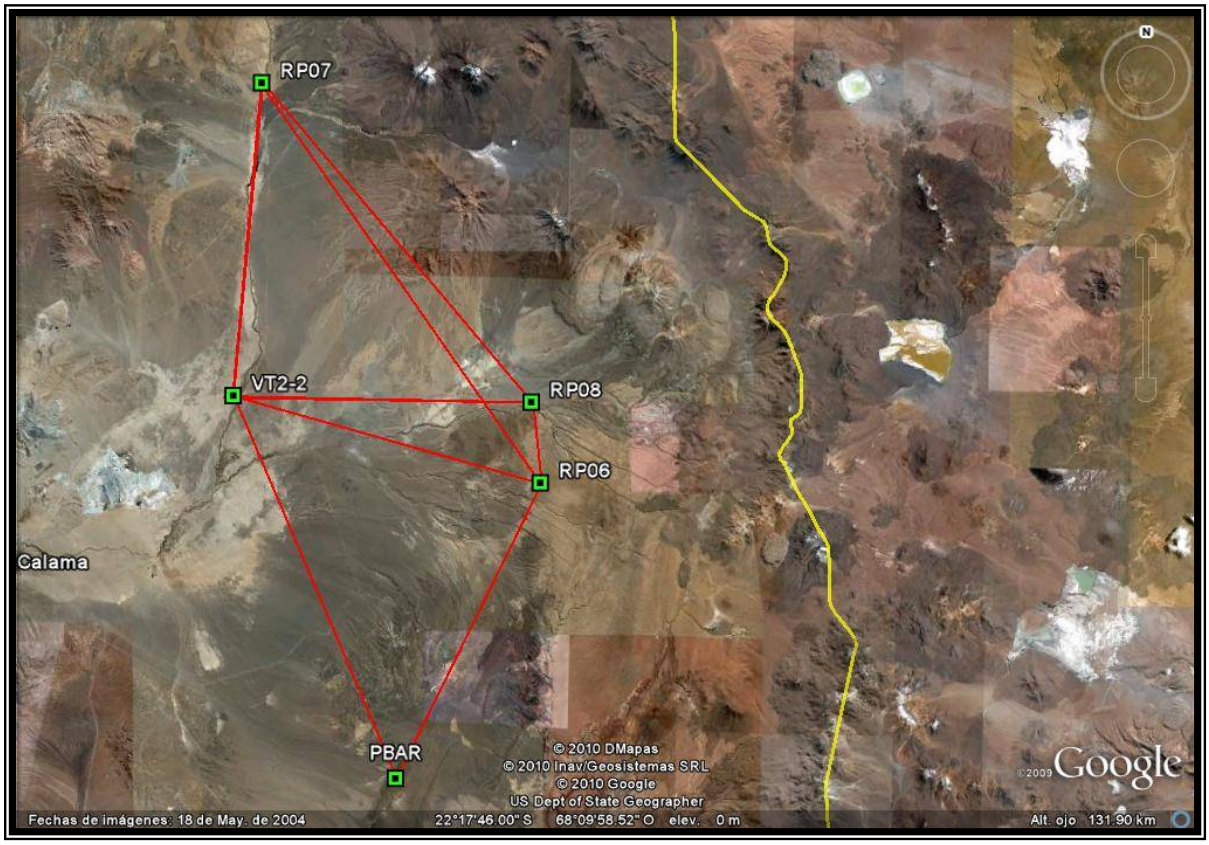
- Alto Loa, Conchi – Lasana y Turi - Caspana.
- Catarpe – San Pedro de Atacama.
- Camar – Peine.

- **Red geodésica Alto Loa, Conchi – Lasana y Turi - Caspana.**

La red fue diseñada considerando los vértices existentes en el área, que corresponden a PBAR (IGM), y VT2-2 generado por Geométrica EIRL. en la campaña realizada entre marzo y julio de 2009.

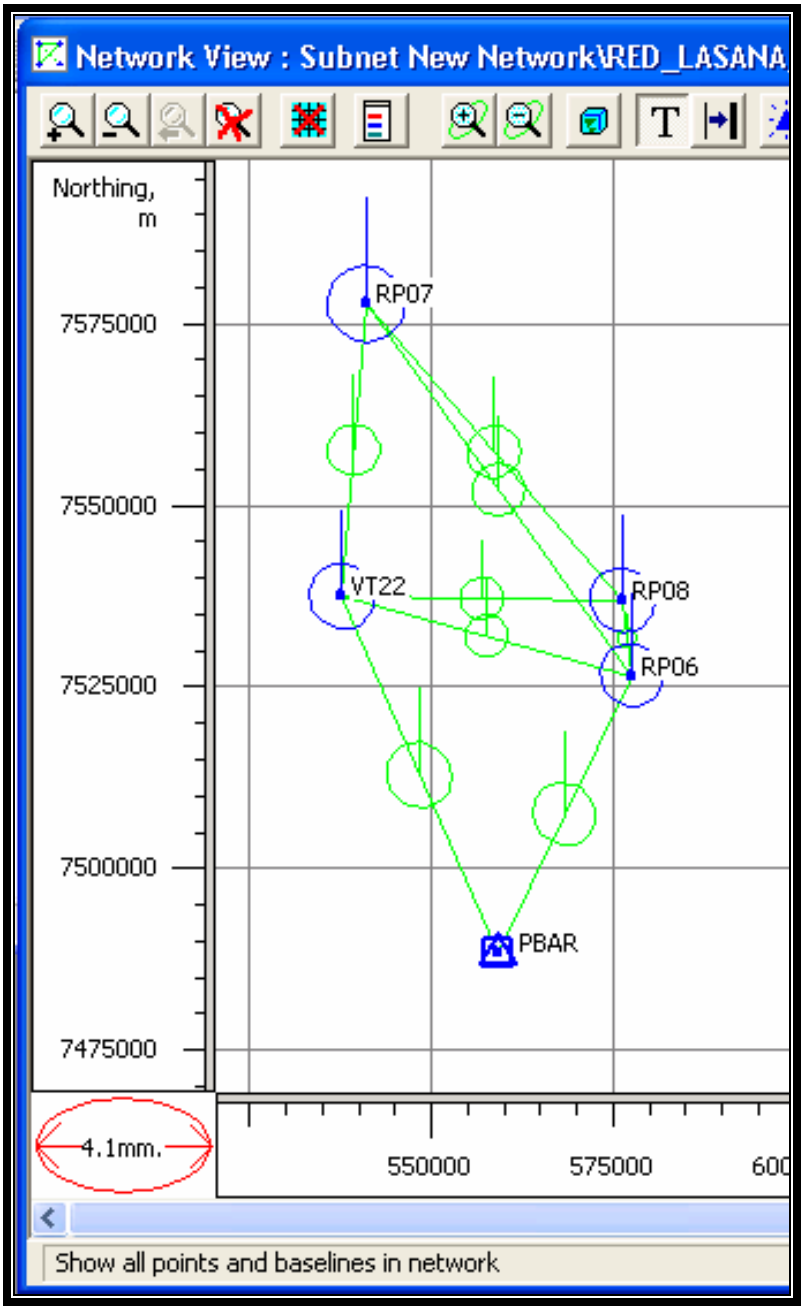
Con los vértices mencionados anteriormente y realizado el reconocimiento de terreno previo, se diseña finalmente la red para la zona, en la cual, además, de los dos vértices descritos, se agrega los vértices RP06, RP07 y RP08, los que se construyen por EGV.

El croquis de la red se presenta a continuación:



- **Post Proceso red EGV ajustada a vértices oficiales**

Del proceso de la información recolectada, mediante el software PINNACLE de TOPCON, se obtiene la calidad de las mediciones realizadas y la consistencia de figura medida. En una primera instancia el ajuste de la red se realiza haciendo la ligazón a partir del vértice del Instituto Geográfico Militar PBAR.



A continuación se presenta un cuadro con la información resumida de la calidad obtenida en cada uno de los vértices. El cuadro muestra el vértice medido y los valores RMS o error medio cuadrático de las componentes norte, este y elevación expresadas en milímetros.

PUNTO	Sigmas(mm)		
	s(N)	s(E)	s(U)
PBAR	0.0	0.0	0.0
RP06	0.7	0.7	2.0
RP07	0.9	0.9	2.5
RP08	0.8	0.8	2.1
VT2-2	0.8	0.8	2.1

La tabla anterior permite verificar las tolerancias exigidas en las bases de la licitación para la medición de los vértices medidos con GPS, que corresponden a 0,02 m en planimetría y 0,10 m en altimetría.

Los valores obtenidos del procesamiento de las líneas bases y ajuste de la red geodésica, se observan en la siguiente tabla:

RED ALTO LOA CONCHI-LASANA Y TURI-CASPANA AJUSTE VERTICES OFICIAL			
PUNTO	NORTE	ESTE	ALTURA ELIP.
VT2-2	7537448.326	537664.128	2711.062
RP06	7526551.871	577503.280	3364.058
RP07	7577756.733	540968.869	3258.576
RP08	7536914.256	576250.023	3175.783
PBAR	7488359.788	559049.360	3414.515

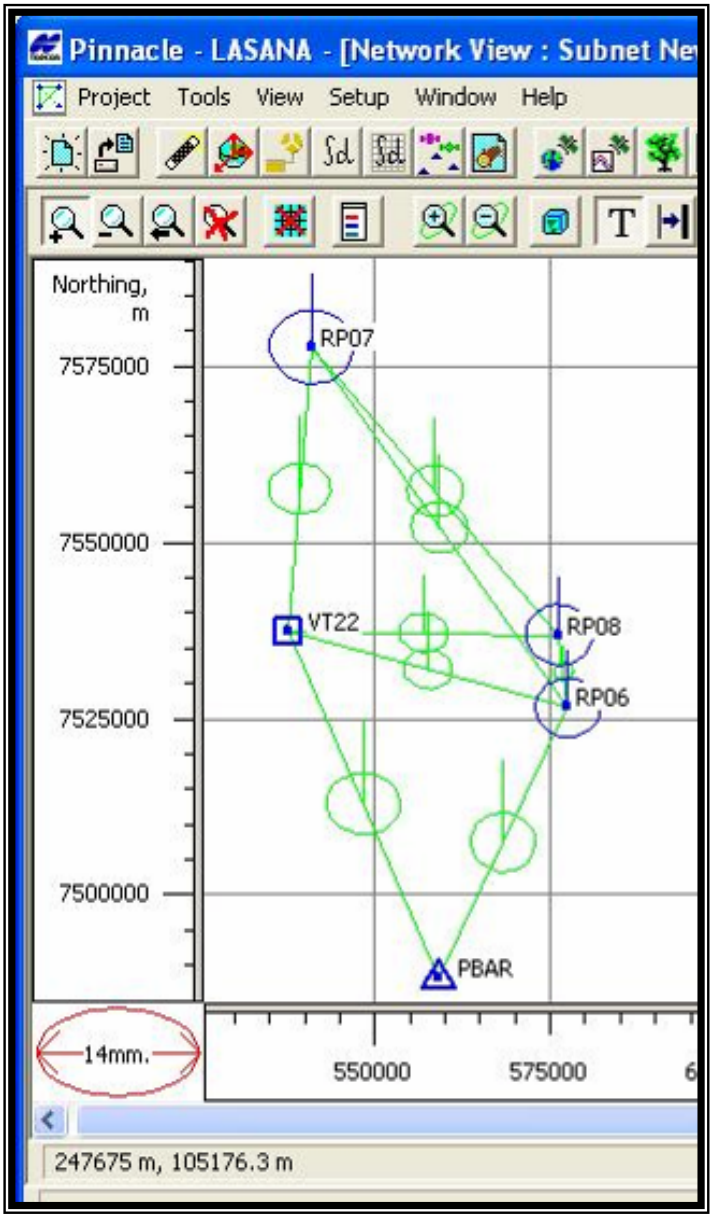
Al obtener y analizar los resultados, se observan discrepancias entre las coordenadas y cotas del vértice VT2-2 creado y medido previamente por Geométrica EIRL. Las diferencias expresadas en milímetros son:

PUNTO	NORTE	ESTE	ALTURA ELIP.
VT2-2	-0.030	-0.010	0.010

Debido a las diferencias existentes entre los vértices generados por Geométrica EIRL. y los medidos actualmente por EGV, se realiza un nuevo ajuste, con el fin de crear una comunión entre ambos resultados, sin embargo, este ajuste se realiza solamente en elevación, y así, las cotas coincidan al unir los tramos generados por Geométrica EIRL. y EGV. Esto significa que se mantienen las coordenadas obtenidas por el procesamiento realizado por EGV.

- **Post Proceso red EGV ajustada a vértices Oficiales y Geometrica EIRL.**

Entonces, el nuevo ajuste realizado a la red, estará vinculado a los vértices PBAR del Instituto Geográfico Militar y VT2-2 (solo en elevación) de Geométrica EIRL.



Al realizar el ajuste, se observa una variación en el RMS (error medio cuadrático) del cierre de la figura, de 4.1 mm a 14 mm (como se aprecia en la imagen anterior). En esta ocasión la red solamente fue forzada en elevación, al no considerar las coordenadas de VT2-2 obtenidas por Geométrica EIRL. Los valores de RMS están graficados en el siguiente cuadro:

PUNTO	Sigmas(mm)		
	s(N)	s(E)	s(U)
PBAR	0.0	0.0	7.4
RP06	2.5	2.8	5.1
RP07	3.2	3.6	6.5
RP08	2.6	2.9	5.2
VT2-2	2.6	3.2	0.0

Los valores obtenidos del procesamiento de las líneas bases y ajuste de la red geodésica, ligados a los vértices PBAR y VT2-2 (solo en elevación), se observan en la siguiente tabla:

RED ALTO LOA CONCHI-LASANA Y TURI-CASPANA AJUSTE VERTICES OFICIALES Y GEOMETRICA			
PUNTO	NORTE	ESTE	ALTURA ELIP.
PBAR	7488359.788	559049.360	3415.745
VT2-2	7537448.363	537664.107	2712.701
RP06	7526551.902	577503.294	3365.320
RP07	7577756.812	540968.851	3259.894
RP08	7536914.295	576250.035	3177.159

En la tabla anterior se observa una variación en la altura elipsoidal de PBAR, debido al ajuste en altura vinculada a VT2-2. Para poder observar de una manera más gráfica las diferencias realizadas entre ambos ajustes, se adjuntan cuadro de coordenadas con ambas vinculaciones y tabla de diferencias en coordenadas y altura elipsoidal entre el ajuste con vinculación exclusivamente a PBAR y el ajuste con vinculaciones a PBAR y VT2-2 (en elevación).

CUADRO DE DIFERENCIAS RED ALTO LOA CONCHI-LASANA Y TURI-CASPANA						
PUNTO	AJUSTE VERTICE OFICIAL			AJUSTE VERT. OFICIAL Y GEOMETRICA		
	NORTE	ESTE	ALTURA ELIP.	NORTE	ESTE	ALTURA ELIP.
PBAR	7488359.788	559049.360	3414.515	7488359.788	559049.360	3415.745
VT2-2	7537448.326	537664.128	2711.062	7537448.363	537664.107	2712.701
RP06	7526551.871	577503.280	3364.058	7526551.902	577503.294	3365.320
RP07	7577756.733	540968.869	3258.576	7577756.812	540968.851	3259.894
RP08	7536914.256	576250.023	3175.783	7536914.295	576250.035	3177.159

PUNTO	DIFERENCIAS		
	NORTE	ESTE	ALTURA ELIP.
VT2-2	0.037	-0.021	1.639
RP06	0.031	0.014	1.262
RP07	0.078	-0.018	1.318
RP08	0.039	0.012	1.376
PBAR	0.000	0.000	1.230

Finalmente, se entrega el cuadro de coordenadas completo de la red de apoyo topográfica generada para el tramo que abarca las zonas de Alto Loa, Conchi – Lasana y Turi - Caspana.

CUADRO DE COORDENADAS FINALES RED ALTO LOA, CONCHI-LASANA Y TURI-CASPANA						
PUNTO	NORTE	ESTE	COTA ORTOM.	LATITUD	LONGITUD	ALTURA ELIP.
PBAR	7488359.788	559049.360	3375.316	22° 42' 39.52490"S	68° 25' 30.10265"O	3415.745
VT2-2	7537448.363	537664.107	2671.759	22° 16' 05.28191"S	68° 38' 03.91909"O	2712.701
RP06	7526551.902	577503.294	3322.235	22° 21' 54.84940"S	68° 14' 50.00410"O	3365.320
RP07	7577756.812	540968.851	3217.015	21° 54' 14.04618"S	68° 36' 12.11098"O	3259.894
RP08	7536914.295	576250.035	3133.616	22° 16' 18.06186"S	68° 15' 35.60038"O	3177.159

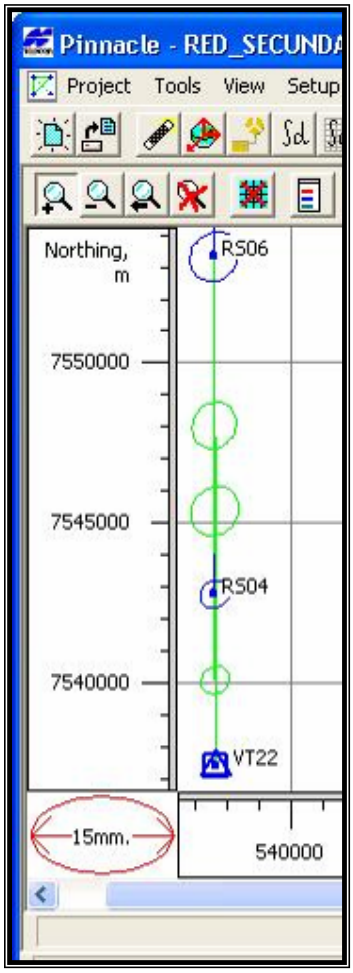
(1). Se observa que PBAR modifica las alturas respecto a las del certificado original del Instituto Geográfico Militar, sin embargo, esa situación es solamente con la finalidad de ajustar los trabajos realizados por Geométrica EIRL y EGV, manteniendo una relación coherente en las cotas altimétricas de los trabajos. Por lo tanto, los valores oficiales de PBAR son los entregados por el Instituto Geográfico Militar (el cual no presenta cota ortométrica), y que son los que se presentan en la ficha del punto que se adjunta mas adelante.

- **Redes secundarias**

Dentro de la red ALTO LOA, CONCHI-LASANA Y TURI-CASPANA, se hace necesario generar dos redes secundarias, las cuales cumplen la función de densificar los puntos de apoyo de la red primaria. Este diseño da la seguridad de gozar de una buena recepción satelital al momento de realizar los levantamientos en método cinemático.

La red secundaria para el tramo Conchi – Lasana fue ligada a partir del vértice VT2-2, mientras que la red secundaria para el tramo Turi – Caspana fue vinculada a los vértices RP06 y RP08.

A continuación se observa el diseño de la red secundaria para el tramo Conchi - Lasana:



El siguiente cuadro contiene la información resumida de la calidad obtenida en cada uno de los vértices de la red secundaria, ajustada a partir del vértice VT2-2. El cuadro muestra el vértice medido y los valores RMS o error medio cuadrático de las componentes norte, este y elevación expresadas en milímetros.

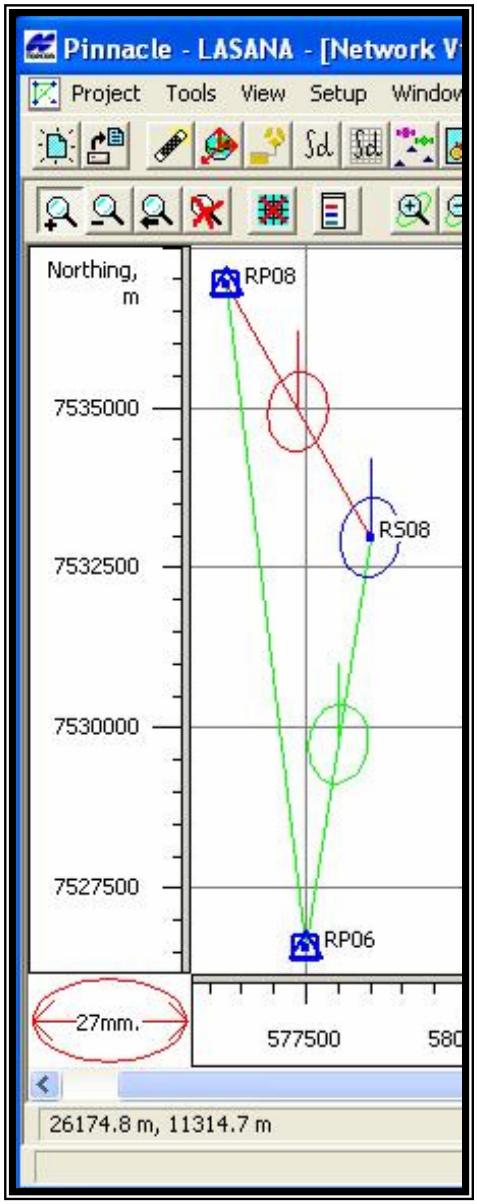
PUNTO	Sigmas(mm)		
	s(N)	s(E)	s(U)
RS04	1.4	1.5	4.4
RS06	2.6	2.5	7.8

La tabla anterior permite verificar las tolerancias exigidas en las bases de la licitación para la medición de los vértices medidos con GPS, que corresponden a 0,02 m en planimetría y 0,10 m en altimetría.

Los valores obtenidos del procesamiento de las líneas bases y ajuste de la red geodésica secundaria, se observan en la siguiente tabla:

CUADRO DE COORDENADAS FINALES RED SECUNDARIA CONCHI-LASANA						
PUNTO	**NORTE**	**ESTE**	**COTA ORTOM.**	**LATITUD**	**LONGITUD**	**ALTURA ELIP.**
RS04	7542792.530	537619.497	2726.984	22° 13' 11.47810"S	68° 38 '05.92822"O	2768.146
RS06	7553309.007	537604.479	2882.959	22° 07' 29.45085"S	68° 38' 07.33506"O	2924.574

Como se mencionó anteriormente, para el tramo Turi – Caspana, también fue necesario realizar una red secundaria, la cual se grafica a continuación:



El siguiente cuadro contiene la información resumida de la calidad obtenida en el vértice RS08, ajustado a partir de RP06 y RP08. El cuadro muestra el vértice medido y los valores RMS o error medio cuadrático de las componentes norte, este y elevación expresadas en milímetros.

PUNTO	Sigmas(mm)		
	s(N)	s(E)	s(U)
RS08	6.9	5.1	14.0

La tabla anterior permite verificar las tolerancias exigidas en las bases de la licitación para la medición de los vértices medidos con GPS, que corresponden a 0,02 m en planimetría y 0,10 m en altimetría.

Los valores obtenidos del procesamiento de esta red secundaria y ajustes del cálculo geodésico, se observan en la siguiente tabla:

CUADRO DE COORDENADAS FINALES RED SECUNDARIA TURI-CASPANA						
PUNTO	NORTE	ESTE	COTA ORTOM.	LATITUD	LONGITUD	ALTURA ELIP.
RS08	7532964.136	578499.676	3227.002	22° 18' 26.15915"S	68° 14' 16.30018"O	3270.484

- **Fichas de los vértices de la red Alto Loa Conchi-Lasana y Turi-Caspana.**

A continuación se presentan la totalidad de las fichas de cada uno de los vértices medidos y creados, tanto de la red primaria, como de las redes secundarias para las zonas Alto Loa, Conchi – Lasana y Turi - Caspana.

GEOMENSURA	FICHA DEL VERTICE MEDIDO

Identificación Punto	**PBAR**
Mandante	SUBDERE
Proyecto	Diagnóstico sobre el estado de situación del Qhapac Ñan en Chile
Levantado por	Alvaro Lopez G.
Preparado por	Rodrigo Jaramillo B.
Revisado por	Esteban Gonzalez V.
Metodología de Medición	GPS ESTATICO
Instrumento	GPS Geodesico L1,L2 MarcaTopcon, mod.Hiper Lite
N° Serie	2630900, 2630946
Fecha Medición	NOVIEMBRE 2009

CUADRO DE COORDENADAS		
Sistema Coordenado	UTM SIRGAS, HUSO 19	
Origen de las Coordenadas	SIRGAS, RGN IGM.	
COORDENADAS PLANAS UTM		
NORTE	**ESTE**	**ELEVACION (n.m.m.)**
7488359.788	559049.360	
COORDENADAS GEOGRAFICAS		
LATITUD	**LONGITUD**	**ALTURA (Elipsoidal)**
22° 42' 39.5249"S	68° 25' 30.1027"O	3414.515

FOTOGRAFIAS

GEOMENSURA	FICHA DEL VERTICE MEDIDO

Identificación Punto	**VT2-2**
Mandante	SUBDERE
Proyecto	Diagnóstico sobre el estado de situación del Qhapac Ñan en Chile
Levantado por	Alvaro Lopez G.
Preparado por	Rodrigo Jaramillo B.
Revisado por	Esteban Gonzalez V.
Metodología de Medición	GPS ESTATICO
Instrumento	GPS Geodesico L1,L2 MarcaTopcon, mod.Hiper +
N° Serie	3780625
Fecha Medición	NOVIEMBRE 2009

CUADRO DE COORDENADAS		
Sistema Coordenado	UTM SIRGAS, HUSO 19	
Origen de las Coordenadas	SIRGAS, RGN IGM.	
COORDENADAS PLANAS UTM		
NORTE	**ESTE**	**ELEVACION (n.m.m.)**
7537448.363	537664.107	2671.759
COORDENADAS GEOGRAFICAS		
LATITUD	**LONGITUD**	**ALTURA (Elipsoidal)**
22° 16' 05.28191"S	68° 38' 03.91909"O	2712.701

FOTOGRAFIAS

GEOMENSURA	FICHA DEL VERTICE CREADO

Identificación Punto	**RP06**
Mandante	SUBDERE
Proyecto	Diagnóstico sobre el estado de situación del Qhapac Ñan en Chile
Levantado por	Alvaro Lopez G.
Preparado por	Rodrigo Jaramillo B.
Revisado por	Esteban Gonzalez V.
Metodología de Medición	GPS ESTATICO
Instrumento	GPS Geodesico L1,L2 MarcaTopcon, mod.Hiper Lite e Hiper +
N° Serie	2630900, 3780648
Fecha Medición	NOVIEMBRE 2009

CUADRO DE COORDENADAS		
Sistema Coordenado	UTM SIRGAS, HUSO 19	
Origen de las Coordenadas	SIRGAS, RGN IGM.	
COORDENADAS PLANAS UTM		
NORTE	**ESTE**	**ELEVACION (n.m.m.)**
7526551.902	577503.294	3322.235
COORDENADAS GEOGRAFICAS		
LATITUD	**LONGITUD**	**ALTURA (Elipsoidal)**
22° 21' 54.84940"S	68° 14' 50.00410"O	3365.320

FOTOGRAFIAS

GEOMENSURA	FICHA DEL VERTICE CREADO

Identificación Punto	**RP07**
Mandante	SUBDERE
Proyecto	Diagnóstico sobre el estado de situación del Qhapac Ñan en Chile
Levantado por	Alvaro Lopez G.
Preparado por	Rodrigo Jaramillo B.
Revisado por	Esteban Gonzalez V.
Metodología de Medición	GPS ESTATICO
Instrumento	GPS Geodesico L1,L2 MarcaTopcon, mod.Hiper +
N° Serie	3780648
Fecha Medición	NOVIEMBRE 2009

CUADRO DE COORDENADAS		
Sistema Coordenado	UTM SIRGAS, HUSO 19	
Origen de las Coordenadas	SIRGAS, RGN IGM.	
COORDENADAS PLANAS UTM		
NORTE	**ESTE**	**ELEVACION (n.m.m.)**
7577756.812	540968.851	3217.015
COORDENADAS GEOGRAFICAS		
LATITUD	**LONGITUD**	**ALTURA (Elipsoidal)**
21° 54' 14.04618"S	68° 36' 12.11098"O	3259.894

FOTOGRAFIAS

GEOMENSURA	FICHA DEL VERTICE CREADO

Identificación Punto	**RP08**
Mandante	SUBDERE
Proyecto	Diagnóstico sobre el estado de situación del Qhapac Ñan en Chile
Levantado por	Alvaro Lopez G.
Preparado por	Rodrigo Jaramillo B.
Revisado por	Esteban Gonzalez V.
Metodología de Medición	GPS ESTATICO
Instrumento	GPS Geodesico L1,L2 MarcaTopcon, mod.Hiper Lite
N° Serie	2630946
Fecha Medición	NOVIEMBRE 2009

CUADRO DE COORDENADAS		
Sistema Coordenado	UTM SIRGAS, HUSO 19	
Origen de las Coordenadas	SIRGAS, RGN IGM.	
COORDENADAS PLANAS UTM		
NORTE	**ESTE**	**ELEVACION (n.m.m.)**
7536914.295	576250.035	3133.616
COORDENADAS GEOGRAFICAS		
LATITUD	**LONGITUD**	**ALTURA (Elipsoidal)**
22° 16' 18.06186"S	68° 15' 35.60038"O	3177.159

FOTOGRAFIAS

GEOMENSURA	FICHA DEL VERTICE CREADO

Identificación Punto	**RS04**
Mandante	SUBDERE
Proyecto	Diagnóstico sobre el estado de situación del Qhapac Ñan en Chile
Levantado por	Alvaro Lopez G.
Preparado por	Rodrigo Jaramillo B.
Revisado por	Esteban Gonzalez V.
Metodología de Medición	GPS ESTATICO
Instrumento	GPS Geodesico L1,L2 MarcaTopcon, mod.Hiper +
N° Serie	3783485
Fecha Medición	NOVIEMBRE 2009

CUADRO DE COORDENADAS		
Sistema Coordenado	UTM SIRGAS, HUSO 19	
Origen de las Coordenadas	Red primaria Qhapaq Ñan	
COORDENADAS PLANAS UTM		
NORTE	**ESTE**	**ELEVACION (n.m.m.)**
7542792.530	537619.497	2726.984
COORDENADAS GEOGRAFICAS		
LATITUD	**LONGITUD**	**ALTURA (Elipsoidal)**
22° 13' 11.47810"S	68° 38 '05.92822"O	2768.146

FOTOGRAFIAS

GEOMENSURA	FICHA DEL VERTICE CREADO

Identificación Punto	**RS06**
Mandante	SUBDERE
Proyecto	Diagnóstico sobre el estado de situación del Qhapac Ñan en Chile
Levantado por	Alvaro Lopez G.
Preparado por	Rodrigo Jaramillo B.
Revisado por	Esteban Gonzalez V.
Metodología de Medición	GPS ESTATICO
Instrumento	GPS Geodesico L1,L2 MarcaTopcon, mod.Hiper +
N° Serie	3783483
Fecha Medición	NOVIEMBRE 2009

CUADRO DE COORDENADAS		
Sistema Coordenado	UTM SIRGAS, HUSO 19	
Origen de las Coordenadas	Red primaria Qhapaq Ñan	
COORDENADAS PLANAS UTM		
NORTE	**ESTE**	**ELEVACION (n.m.m.)**
7553309.007	537604.479	2882.959
COORDENADAS GEOGRAFICAS		
LATITUD	**LONGITUD**	**ALTURA (Elipsoidal)**
22° 07' 29.45085"S	68° 38' 07.33506"O	2924.574

FOTOGRAFIAS

GEOMENSURA	FICHA DEL VERTICE CREADO

Identificación Punto	**RS08**
Mandante	SUBDERE
Proyecto	Diagnóstico sobre el estado de situación del Qhapac Ñan en Chile
Levantado por	Alvaro Lopez G.
Preparado por	Rodrigo Jaramillo B.
Revisado por	Esteban Gonzalez V.
Metodología de Medición	GPS ESTATICO
Instrumento	GPS Geodesico L1,L2 MarcaTopcon, mod.Hiper Lite
N° Serie	2630946
Fecha Medición	NOVIEMBRE 2009

CUADRO DE COORDENADAS		
Sistema Coordenado	UTM SIRGAS, HUSO 19	
Origen de las Coordenadas	Red primaria Qhapaq Ñan	
COORDENADAS PLANAS UTM		
NORTE	**ESTE**	**ELEVACION (n.m.m.)**
7532964.136	578499.676	3227.002
COORDENADAS GEOGRAFICAS		
LATITUD	**LONGITUD**	**ALTURA (Elipsoidal)**
22° 18' 26.15915"S	68° 14' 16.30018"O	3270.484

FOTOGRAFIAS

- **Red geodésica Catarpe – San Pedro de Atacama**

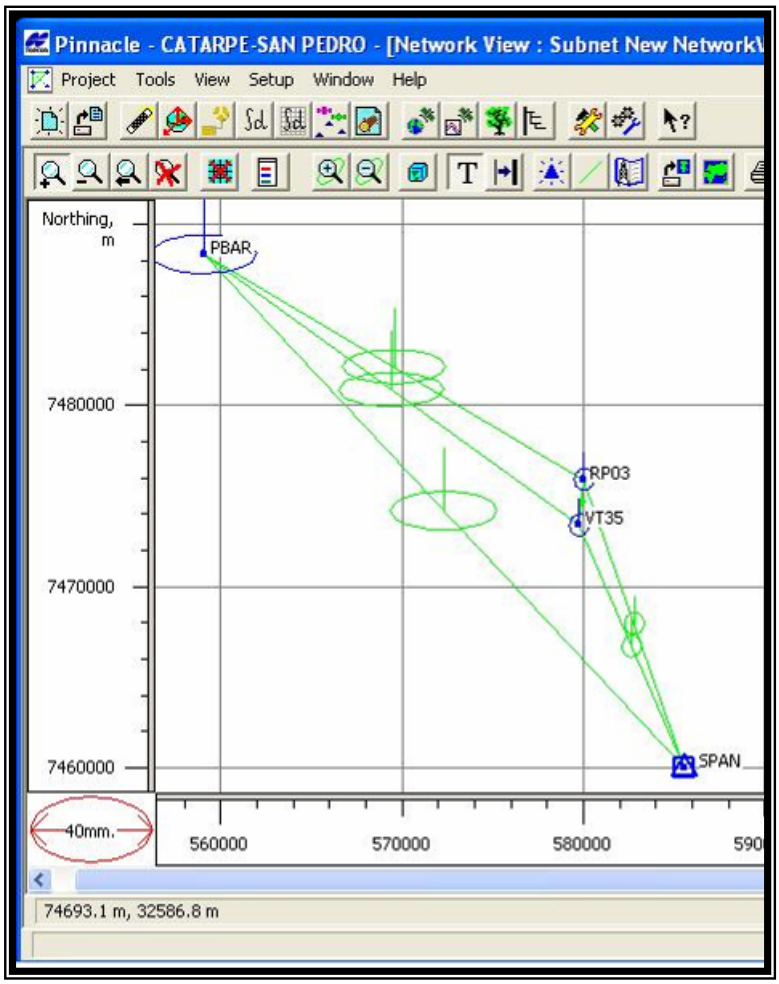
La red fue diseñada considerando los vértices existentes en el área, que corresponden a SPAN y PBAR pertenecientes a la red IGM y VT3-5 generado por Geométrica EIRL. en la campaña realizada entre marzo y julio de 2009.

Con los vértices mencionados anteriormente y realizado el reconocimiento de terreno previo, se diseña finalmente la red para la zona, en la cual, además, de los tres vértices descritos, se agrega el vértice RP03 el que se construye por EGV.

El siguiente croquis representa la red medida:

- **Post Proceso red EGV ajustada a vértices oficiales**

Del proceso de la información recolectada, mediante el software PINNACLE de TOPCON, se obtiene la calidad de las mediciones realizadas y la consistencia de figura medida. En una primera instancia el ajuste de la red se realiza haciendo la ligazón a partir del vértice del Instituto Geográfico Militar SPAN.



A continuación se presenta un cuadro con la información resumida de la calidad obtenida en cada uno de los vértices. El cuadro muestra el vértice medido y los valores RMS o error medio cuadrático de las componentes norte, este y elevación expresadas en milímetros.

PUNTO	Sigmas(mm)		
	s(N)	s(E)	s(U)
PBAR	6.4	17.7	21.3
RP03	3.6	3.2	9.4
SPAN	0.0	0.0	0.0
VT3-5	3.6	3.2	9.4

La tabla anterior permite verificar las tolerancias exigidas en las bases de la licitación para los vértices medidos con GPS, que corresponden a 0,02 m en planimetría y 0,10 m en altimetría.

Los valores obtenidos del procesamiento de las líneas bases y ajuste de la red geodésica, se observan en la siguiente tabla:

RED CATARPE - SAN PEDRO DE ATACAMA AJUSTE VERTICES OFICIAL			
PUNTO	NORTE	ESTE	ALTURA ELIP.
SPAN	7460029.699	585554.353	2427.371
PBAR(2)	7488359.850	559049.346	3415.655
VT3-5	7473404.205	579771.924	2719.114
RP03	7475929.040	580041.659	2672.929

(2). Se observa que PBAR modifica los valores respecto al certificado original del Instituto Geográfico Militar. Esa situación es debida a que la red se ajustó realizando la vinculación a IGM SPAN. Por lo tanto se hace evidente la existencia de un error entre los vértices oficiales del IGM, Ante esta situción ambos puntos PBAR y SPAN son validos oficialmente. Finalmente los valores oficiales del vértice PBAR son los entregados por el Instituto Geográfico Militar (el cual no presenta cota ortométrica), y que son los que se presentaron en la ficha del punto que se adjuntó en la sección de Alto Loa, Conchi-Lasana y Turi-Caspana.

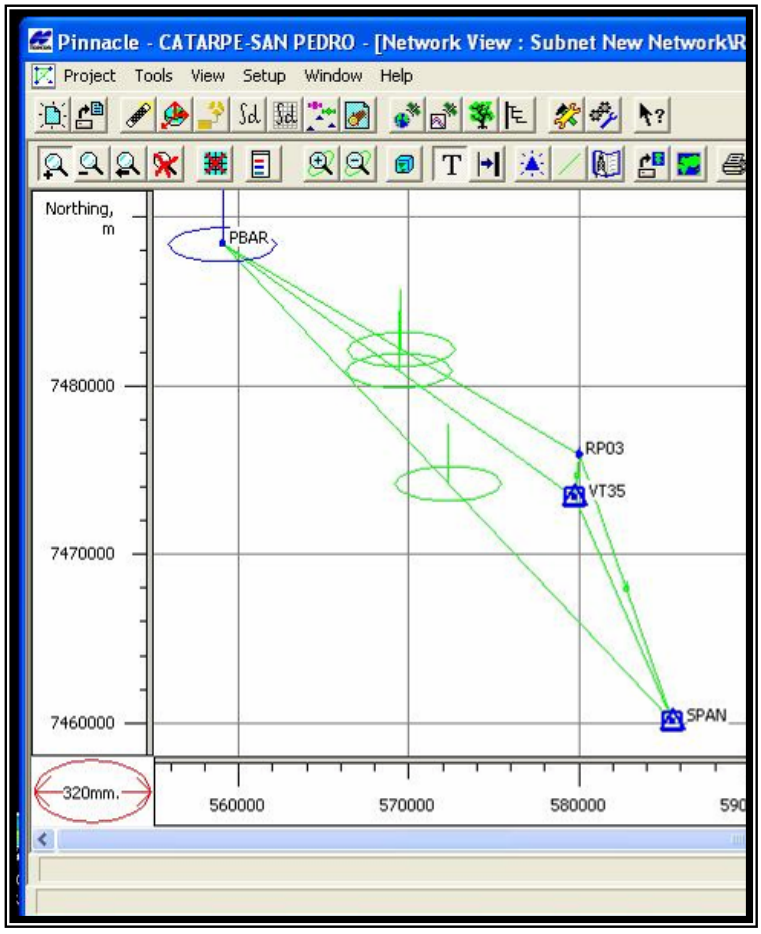
Al obtener y analizar los resultados, se observan discrepancias entre las coordenadas y cotas del vértice VT3-5 creado y medido previamente por Geométrica EIRL. Los valores numéricos expresados en milímetros son:

PUNTO	NORTE	ESTE	ALTURA ELIP.
VT3-5	0.035	-0.011	1.508

Debido a las diferencias existentes entre el vértice generado por Geometrica EIRL. y el medido actualmente por EGV, se realiza un nuevo ajuste, con el fin de crear una comunión entre ambos resultados, además permitirá mantener una misma referencia de coordenadas y alturas para ambos equipos de trabajo, así se puede empalmar los tramos realizados por ambas consultoras con una mayor correspondencia.

- **Post Proceso red EGV ajustada a vértices Oficiales y Geometrica EIRL.**

Entonces, el nuevo ajuste realizado a la red, estará vinculado a los vértices SPAN del Instituto Geográfico Militar y VT3-5 de Geometrica EIRL.



Al realizar el ajuste, se observa una variación en el RMS (error medio cuadrático) del cierre de la figura, de 40 mm a 320 mm (como se aprecia en la imagen anterior). Esto debido a que la figura debe ser forzada a los vértices VT3-5 y a SPAN, tanto en elevación como en coordenadas. Esto repercute directamente en los valores de los RMS de cada uno de los vértices, Los cuales se indican en el siguiente cuadro:

PUNTO	Sigmas(mm)		
	s(N)	s(E)	s(U)
PBAR	47.2	149.7	169.0
RP03	8.0	7.2	22.7
SPAN	0.0	0.0	0.0
VT3-5	0.0	0.0	0.0

Los valores obtenidos del procesamiento de las líneas bases y ajuste de la red geodésica, ligados a los vértices SPAN y VT3-5, se observan en la siguiente tabla:

RED CATARPE - SAN PEDRO DE ATACAMA AJUSTE VERTICES OFICIALES Y GEOMETRICA			
PUNTO	**NORTE**	**ESTE**	**ALTURA ELIP.**
SPAN	7460029.699	585554.353	2427.371
PBAR	7488359.818	559049.372	3415.884
VT3-5	7473404.170	579771.935	2719.384
RP03	7475929.006	580041.670	2673.191

Para poder observar de una manera más gráfica las diferencias realizadas entre ambos ajustes, se adjuntan cuadro de coordenadas con ambas vinculaciones y tabla de diferencias en coordenadas y altura elipsoidal entre el ajuste con vinculación exclusivamente a SPAN y el ajuste con vinculaciones a SPAN y VT3-5.

CUADRO DE DIFERENCIAS RED CATARPE - SAN PEDRO DE ATACAMA						
PUNTO	**AJUSTE VERTICE OFICIAL**			**AJUSTE VERT. OFICIAL Y GEOMETRICA**		
	NORTE	**ESTE**	**ALTURA ELIP.**	**NORTE**	**ESTE**	**ALTURA ELIP.**
SPAN	7460029.699	585554.353	2427.371	7460029.699	585554.353	2427.371
PBAR	7488359.850	559049.346	3415.655	7488359.819	559049.372	3415.884
VT3-5	7473404.205	579771.924	2719.114	7473404.170	579771.935	2719.384
RP03	7475929.040	580041.659	2672.929	7475929.006	580041.670	2673.191

PUNTO	**DIFERENCIAS**		
	NORTE	**ESTE**	**ALTURA ELIP.**
SPAN	0.000	0.000	0.000
PBAR	0.031	-0.026	-0.229
VT3-5	0.035	-0.011	-0.271
RP03	0.034	-0.011	-0.262

Finalmente, se entrega el cuadro de coordenadas completo de la red de apoyo topográfica generada para el tramo que abarca las zonas de Catarpe – San Pedro de Atacama.

CUADRO DE COORDENADAS FINALES RED CATARPE - SAN PEDRO DE ATACAMA						
PUNTO	**NORTE**	**ESTE**	**COTA ORTOM.**	**LATITUD**	**LONGITUD**	**ALTURA ELIP.**
SPAN	7460029.699	585554.353	2386.440	22° 57' 56.66282"S	68° 09' 55.45472"O	2427.371
PBAR (3)	7488359.818	559049.372	3375.454	22° 42' 39.52390"S	68° 25' 30.10224"O	3415.884
VT3-5	7473404.170	579771.935	2678.385	22° 50' 42.78728"S	68° 13' 20.99064"O	2719.384
RP03	7475929.006	580041.670	2632.081	22° 49' 20.63822"S	68° 13' 11.99496"O	2673.191

(3). Se observa que SPAN modifica las alturas respecto a las del certificado original del Instituto Geográfico Militar, sin embargo, esa situación es solamente con la finalidad de ajustar los trabajos realizados por Geométrica EIRL y EGV, manteniendo una relación coherente en las cotas de los trabajos. Por lo tanto, los valores oficiales de SPAN son los entregados por el Instituto Geográfico Militar (el cual no presenta cota ortométrica), y que son los que se presentan en la ficha del punto que se adjunta más adelante.

- **Fichas de los vértices de la red Catarpe – San Pedro de Atacama.**

A continuación se presentan la totalidad de las fichas de cada uno de los vértices medidos y creados para el tramo que abarca las zonas de Catarpe – San Pedro de Atacama, exceptuando el de PBAR que fue adjuntado en la zona de Alto Loa, Conchi-Lasana y Turi-Caspana.

GEOMENSURA	FICHA DEL VERTICE MEDIDO

Identificación Punto	**SPAN**
Mandante	SUBDERE
Proyecto	Diagnóstico sobre el estado de situación del Qhapac Ñan en Chile
Levantado por	Alvaro Lopez G.
Preparado por	Rodrigo Jaramillo B.
Revisado por	Esteban Gonzalez V.
Metodología de Medición	GPS ESTATICO
Instrumento	GPS Geodesico L1,L2 MarcaTopcon, mod.Hiper +
N° Serie	3780648
Fecha Medición	NOVIEMBRE 2009

CUADRO DE COORDENADAS		
Sistema Coordenado	UTM SIRGAS, HUSO 19	
Origen de las Coordenadas	SIRGAS, RGN IGM.	
COORDENADAS PLANAS UTM		
NORTE	**ESTE**	**ELEVACION (n.m.m.)**
7460029.699	585554.353	
COORDENADAS GEOGRAFICAS		
LATITUD	**LONGITUD**	**ALTURA (Elipsoidal)**
22° 57' 56.66282"S	68° 09' 55.45472"O	2425.653

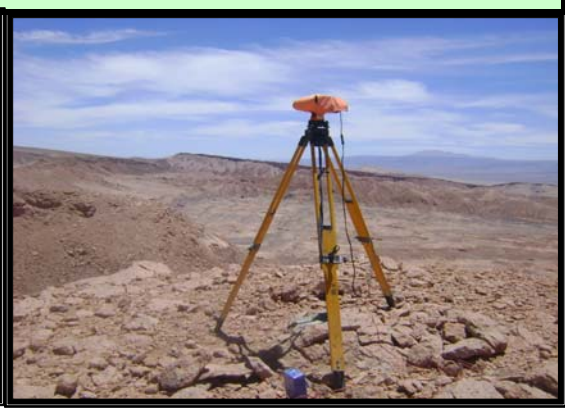
FOTOGRAFIAS

GEOMENSURA	FICHA DEL VERTICE MEDIDO

Identificación Punto	**VT3-5**
Mandante	SUBDERE
Proyecto	Diagnóstico sobre el estado de situación del Qhapac Ñan en Chile
Levantado por	Alvaro Lopez G.
Preparado por	Rodrigo Jaramillo B.
Revisado por	Esteban Gonzalez V.
Metodología de Medición	GPS ESTATICO
Instrumento	GPS Geodesico L1,L2 MarcaTopcon, mod.Hiper +
N° Serie	3780625
Fecha Medición	NOVIEMBRE 2009

CUADRO DE COORDENADAS		
Sistema Coordenado	UTM SIRGAS, HUSO 19	
Origen de las Coordenadas	SIRGAS, RGN IGM.	
COORDENADAS PLANAS UTM		
NORTE	**ESTE**	**ELEVACION (n.m.m.)**
7473404.170	579771.935	2678.385
COORDENADAS GEOGRAFICAS		
LATITUD	**LONGITUD**	**ALTURA (Elipsoidal)**
22° 50' 42.78728"S	68° 13' 20.99064"O	2719.384

FOTOGRAFIAS



GEOMENSURA	FICHA DEL VERTICE CREADO

Identificación Punto	**RP03**
Mandante	SUBDERE
Proyecto	Diagnóstico sobre el estado de situación del Qhapac Ñan en Chile
Levantado por	Alvaro Lopez G.
Preparado por	Rodrigo Jaramillo B.
Revisado por	Esteban Gonzalez V.
Metodología de Medición	GPS ESTATICO
Instrumento	GPS Geodesico L1,L2 MarcaTopcon, mod.Hiper +
N° Serie	3780625
Fecha Medición	NOVIEMBRE 2009

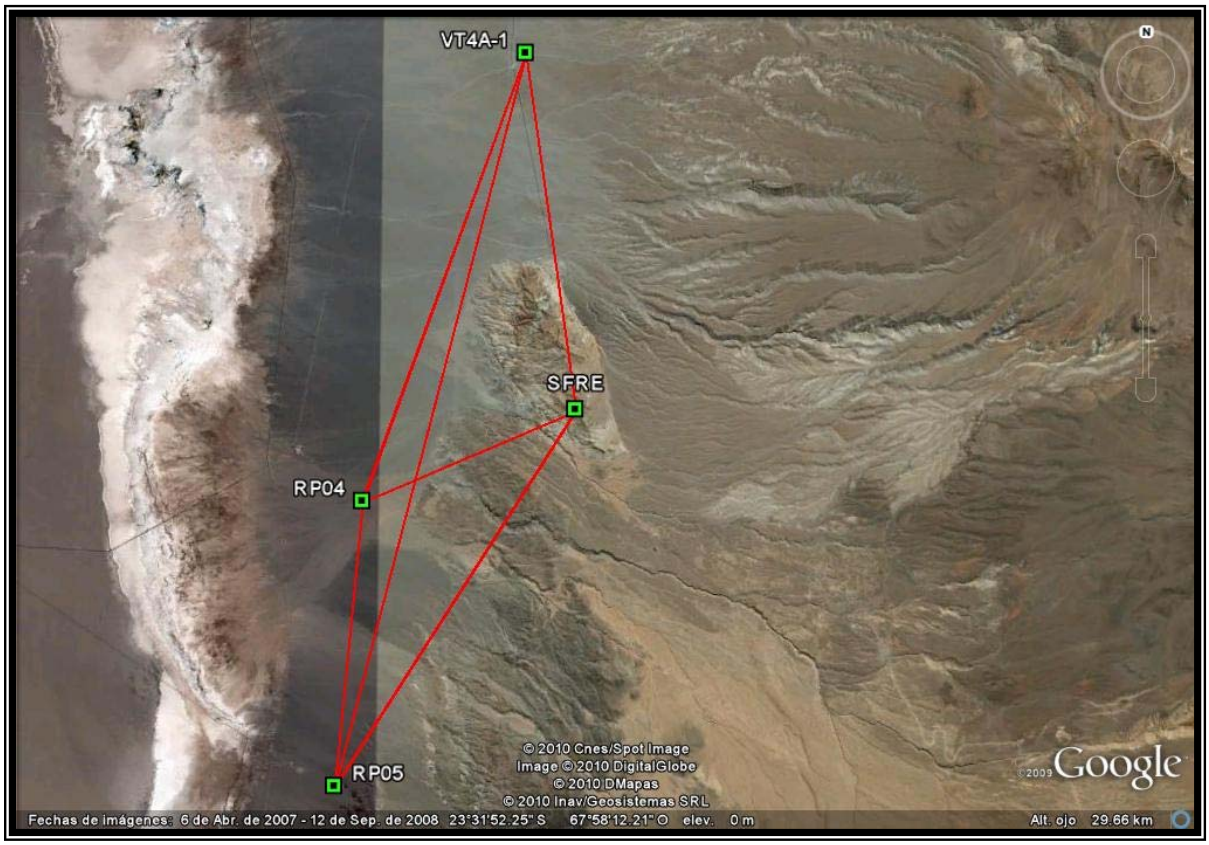
CUADRO DE COORDENADAS		
Sistema Coordenado	UTM SIRGAS, HUSO 19	
Origen de las Coordenadas	SIRGAS, RGN IGM.	
COORDENADAS PLANAS UTM		
NORTE	**ESTE**	**ELEVACION (n.m.m.)**
7475929.006	580041.670	2632.081
COORDENADAS GEOGRAFICAS		
LATITUD	**LONGITUD**	**ALTURA (Elipsoidal)**
22° 49' 20.63822"S	68° 13' 11.99496"O	2673.191

FOTOGRAFIAS

- **Red geodésica Camar – Peine**

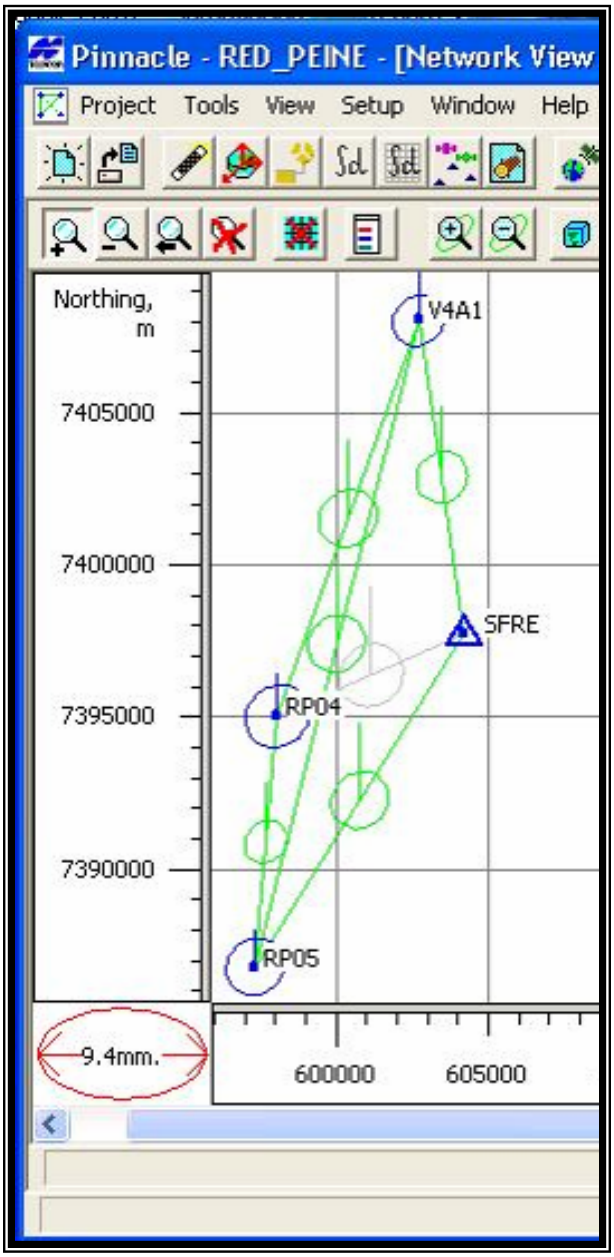
La red fue diseñada considerando los vértices existentes en el área, que corresponden a SFRE perteneciente al IGM y VT4A-1 generado por Geométrica EIRL. en la campaña realizada entre marzo y julio de 2009.

Con los vértices mencionados anteriormente y realizado el reconocimiento de terreno previo, se diseña finalmente la red para la zona, en la cual, además de los dos vértices descritos se agrega los vértices RP04 y RP05 los que se construyen por EGV. El croquis de la red se presenta a continuación:



- **Post Proceso red EGV ajustada a vértices oficiales**

Del proceso de la información recolectada, mediante el software PINNACLE de TOPCON, se obtiene la calidad de las mediciones realizadas y la consistencia de figura medida. En una primera instancia el ajuste de la red se realiza haciendo la ligazón a partir del vértice del Instituto Geográfico Militar SFRE.



A continuación se presenta un cuadro con la información resumida de la calidad obtenida en cada uno de los vértices. El cuadro muestra el vértice medido y los valores RMS o error medio cuadrático de las componentes norte, este y elevación expresadas en milímetros.

PUNTO	Sigmas(mm)		
	s(N)	s(E)	s(U)
RP04	1.8	1.8	4.9
RP05	1.6	1.6	4.4
SFRE	0.0	0.0	0.0
VT4A-1	1.4	1.4	4.0

La tabla anterior permite verificar las tolerancias exigidas en las bases de la licitación para la medición de los vértices medidos con GPS, que corresponden a 0,02 m en planimetría y 0,10 m en altimetría.

Los valores obtenidos del procesamiento de las líneas bases y ajuste de la red geodésica, se observan en la siguiente tabla:

RED CAMAR - PEINE AJUSTE VERTICES OFICIAL			
PUNTO	NORTE	ESTE	ALTURA ELIP.
SFRE	7397735.482	604236.848	2956.533
VT4A-1	7408024.959	602706.976	2549.040
RP04	7395036.613	598063.834	2384.064
RP05	7386792.314	597315.878	2442.980

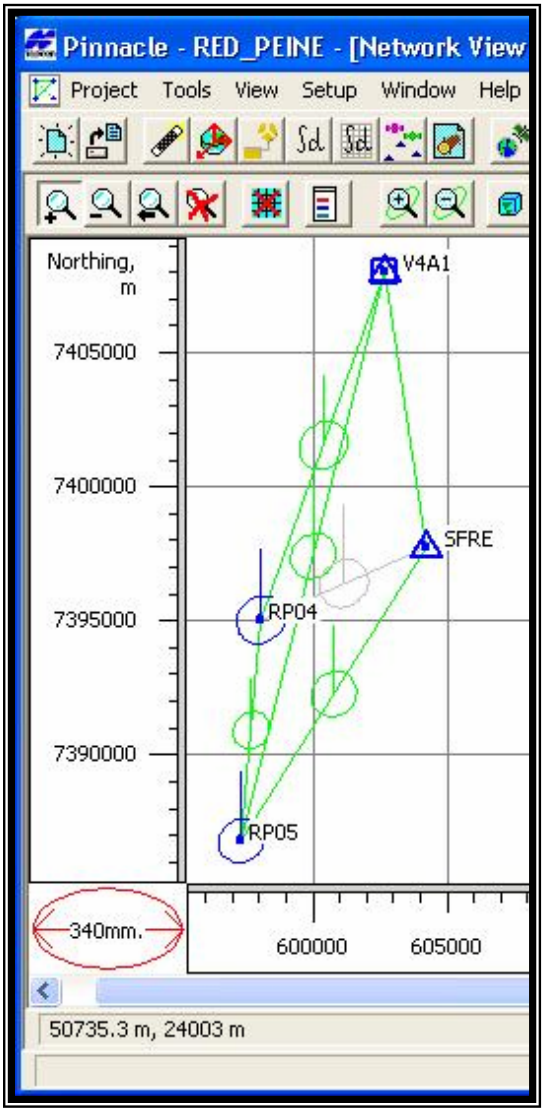
Al obtener y analizar los resultados, se observan discrepancias entre las coordenadas y cotas del vértice VT4A-1 creado y medido previamente por Geométrica EIRL. Las diferencias se expresan en elsiguiente cuadro en milímetros:

PUNTO	NORTE	ESTE	ALTURA ELIP.
VT4A-1	-0.138	-0.046	-0.002

Debido a las diferencias existentes entre el vértice generado por Geometrica EIRL. y el medido actualmente por EGV, se realiza un nuevo ajuste, con el fin de crear una comunión entre ambos resultados, además, permitirá mantener una misma referencia de coordenadas y alturas para ambos equipos de trabajo, así se puede empalmar los tramos de levantamientos realizados por ambas consultoras con una mayor correspondencia.

- **Post Proceso red EGV ajustada a vértices Oficiales y Geometrica EIRL.**

Entonces, el nuevo ajuste realizado a la red, estará vinculado a los vértices SFRE del Instituto Geográfico Militar y VT4A-1 de Geometrica EIRL**.**



Al realizar el ajuste, se observa una variación en el RMS (error medio cuadrático) del cierre de la figura, de 9.4 mm a 340 mm (como se aprecia en la imagen anterior). Esto debido a que la figura debe ser forzada a los vértices VT4A-1 y a SPAN, tanto en elevación como en coordenadas. Esto repercute directamente en los valores de los RMS de cada uno de los vértices. Los valores de RMS están graficados en el siguiente cuadro:

PUNTO	Sigmas(mm)		
	s(N)	s(E)	s(U)
RP04	54.6	55.2	163.0
RP05	51.0	51.6	161.3
SFRE	0.0	0.0	145.8
VT4A-1	0.0	0.0	0.0

Los valores obtenidos del procesamiento de las líneas bases y ajuste de la red geodésica, ligados a los vértices SFRE y VT4-1, se observan en la siguiente tabla:

RED CAMAR - PEINE AJUSTE VERTICES OFICIALES Y GEOMETRICA			
PUNTO	NORTE	ESTE	ALTURA ELIP.
SFRE	7397735.482	604236.848	2958.271
VT4A-1	7408025.097	602707.022	2550.794
RP04	7395036.703	598063.864	2385.803
RP05	7386792.387	597315.902	2444.720

Para poder observar de una manera más gráfica las diferencias realizadas entre ambos ajustes, se adjuntan cuadro de coordenadas con ambas vinculaciones y tabla de diferencias en coordenadas y altura elipsoidal entre el ajuste con vinculación exclusivamente a SPAN y el ajuste con vinculaciones a SPAN y VT3-5.

CUADRO DE DIFERENCIAS RED CAMAR - PEINE						
PUNTO	AJUSTE VERTICE OFICIAL			AJUSTE VERT. OFICIAL Y GEOMETRICA		
	NORTE	ESTE	ALTURA ELIP.	NORTE	ESTE	ALTURA ELIP.
SFRE	7397735.482	604236.848	2956.533	7397735.482	604236.848	2958.271
VT4A-1	7408024.959	602706.976	2549.040	7408025.097	602707.022	2550.794
RP04	7395036.613	598063.834	2384.064	7395036.703	598063.864	2385.803
RP05	7386792.314	597315.878	2442.980	7386792.387	597315.902	2444.720

PUNTO	DIFERENCIAS		
	NORTE	ESTE	ALTURA ELIP.
SFRE	0.000	0.000	-1.738
VT4A-1	-0.138	-0.046	-1.754
RP04	-0.090	-0.030	-1.739
RP05	-0.073	-0.024	-1.740

Finalmente, se entrega el cuadro de coordenadas completo de la red de apoyo topográfica generada para el tramo que abarca las zonas de Camar – Peine.

CUADRO DE COORDENADAS FINALES RED CAMAR-PEINE						
PUNTO	**NORTE**	**ESTE**	**COTA ORTOM.**	**LATITUD**	**LONGITUD**	**ALTURA ELIP.**
SFRE (4)	7397735.482	604236.848	2917.284	23° 31' 38.28129"S	67° 58' 44.03790"O	2958.271
VT4A-1	7408025.097	602707.022	2509.871	23° 26 '04.08236"S	67° 59' 40.51850"O	2550.794
RP04	7395036.703	598063.864	2345.536	23° 33' 07.41397"S	68° 02' 21.06920"O	2385.803
RP05	7386792.387	597315.902	2404.505	23° 37' 35.62740"S	68° 02' 45.51101"O	2444.720

(4). Se observa que SFRE modifica las alturas respecto a las del certificado original del Instituto Geográfico Militar, sin embargo, esa situación es solamente con la finalidad de ajustar los trabajos realizados por Geométrica EIRL y EGV, manteniendo una relación coherente en las cotas de los trabajos. Por lo tanto, los valores oficiales de SFRE son los entregados por el Instituto Geográfico Militar (el cual no presenta cota ortométrica), y que son los que se presentan en la ficha del punto que se adjunta más adelante.

- **Fichas de los vértices de la red Camar – Peine.**

A continuación se presentan la totalidad de las fichas de cada uno de los vértices medidos y creados para el tramo que abarca las zonas de Camar – Peine.

GEOMENSURA	FICHA DEL VERTICE MEDIDO

Identificación Punto	**SFRE**
Mandante	SUBDERE
Proyecto	Diagnóstico sobre el estado de situación del Qhapac Ñan en Chile
Levantado por	Alvaro Lopez G.
Preparado por	Rodrigo Jaramillo B.
Revisado por	Esteban Gonzalez V.
Metodología de Medición	GPS ESTATICO
Instrumento	GPS Geodesico L1,L2 MarcaTopcon, mod.Hiper Lite
N° Serie	2630900
Fecha Medición	NOVIEMBRE 2009

CUADRO DE COORDENADAS		
Sistema Coordenado	UTM SIRGAS, HUSO 19	
Origen de las Coordenadas	SIRGAS, RGN IGM.	
COORDENADAS PLANAS UTM		
NORTE	**ESTE**	**ELEVACION (n.m.m.)**
7397735.482	604236.848	
COORDENADAS GEOGRAFICAS		
LATITUD	**LONGITUD**	**ALTURA (Elipsoidal)**
23° 31' 38.28129"S	67° 58' 44.03790"O	2956.533

FOTOGRAFIAS

GEOMENSURA	FICHA DEL VERTICE MEDIDO

Identificación Punto	**VT4A-1**
Mandante	SUBDERE
Proyecto	Diagnóstico sobre el estado de situación del Qhapac Ñan en Chile
Levantado por	Alvaro Lopez G.
Preparado por	Rodrigo Jaramillo B.
Revisado por	Esteban Gonzalez V.
Metodología de Medición	GPS ESTATICO
Instrumento	GPS Geodesico L1,L2 MarcaTopcon, mod.Hiper Lite
N° Serie	2630946
Fecha Medición	NOVIEMBRE 2009

CUADRO DE COORDENADAS		
Sistema Coordenado	UTM SIRGAS, HUSO 19	
Origen de las Coordenadas	SIRGAS, RGN IGM.	
COORDENADAS PLANAS UTM		
NORTE	**ESTE**	**ELEVACION (n.m.m.)**
7408025.097	602707.022	2509.871
COORDENADAS GEOGRAFICAS		
LATITUD	**LONGITUD**	**ALTURA (Elipsoidal)**
23° 26 '04.08236"S	67° 59' 40.51850"O	2550.794

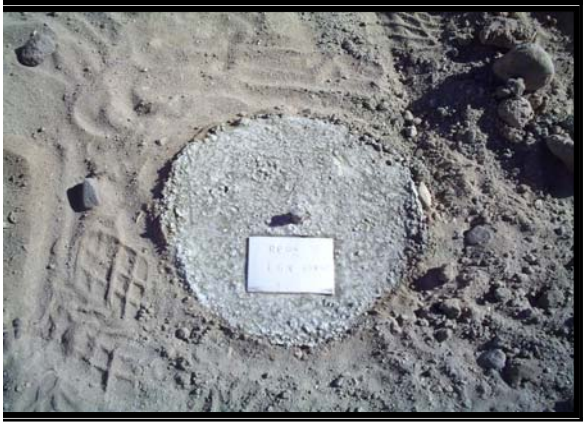
FOTOGRAFIAS

GEOMENSURA	FICHA DEL VERTICE CREADO

Identificación Punto	**RP04**
Mandante	SUBDERE
Proyecto	Diagnóstico sobre el estado de situación del Qhapac Ñan en Chile
Levantado por	Alvaro Lopez G.
Preparado por	Rodrigo Jaramillo B.
Revisado por	Esteban Gonzalez V.
Metodología de Medición	GPS ESTATICO
Instrumento	GPS Geodesico L1,L2 MarcaTopcon, mod.Hiper +
N° Serie	3780625
Fecha Medición	NOVIEMBRE 2009

CUADRO DE COORDENADAS		
Sistema Coordenado	UTM SIRGAS, HUSO 19	
Origen de las Coordenadas	SIRGAS, RGN IGM.	
COORDENADAS PLANAS UTM		
NORTE	**ESTE**	**ELEVACION (n.m.m.)**
7395036.703	598063.864	2345.536
COORDENADAS GEOGRAFICAS		
LATITUD	**LONGITUD**	**ALTURA (Elipsoidal)**
23° 33' 07.41397"S	68° 02' 21.06920"O	2385.803

FOTOGRAFIAS



GEOMENSURA	FICHA DEL VERTICE CREADO

Identificación Punto	**RP05**
Mandante	SUBDERE
Proyecto	Diagnóstico sobre el estado de situación del Qhapac Ñan en Chile
Levantado por	Alvaro Lopez G.
Preparado por	Rodrigo Jaramillo B.
Revisado por	Esteban Gonzalez V.
Metodología de Medición	GPS ESTATICO
Instrumento	GPS Geodesico L1,L2 MarcaTopcon, mod.Hiper +
N° Serie	3780648
Fecha Medición	NOVIEMBRE 2009

CUADRO DE COORDENADAS		
Sistema Coordenado	UTM SIRGAS, HUSO 19	
Origen de las Coordenadas	SIRGAS, RGN IGM.	
COORDENADAS PLANAS UTM		
NORTE	**ESTE**	**ELEVACION (n.m.m.)**
7386792.387	597315.902	2404.505
COORDENADAS GEOGRAFICAS		
LATITUD	**LONGITUD**	**ALTURA (Elipsoidal)**
23° 37' 35.62740"S	68° 02' 45.51101"O	2444.720

FOTOGRAFIAS

4.3.3.- Region de Atacama

- **Red geodésica**

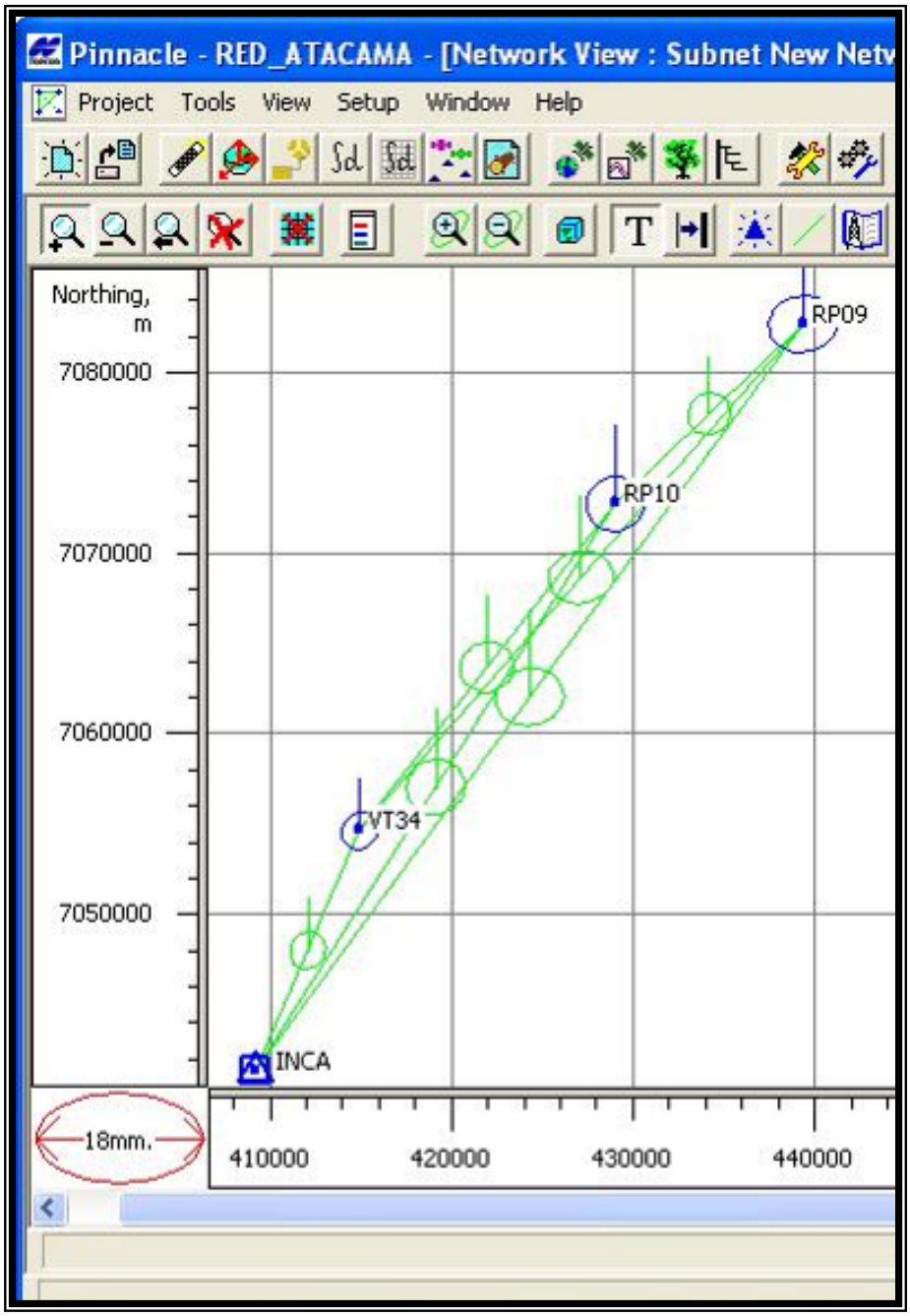
La red fue diseñada considerando los vértices existentes en el área, que corresponden a INCA perteneciente al IGM y VT3-4B generado por Geométrica EIRL. en la campaña realizada entre marzo y julio de 2009.

Con los vértices mencionados anteriormente y realizado el reconocimiento de terreno previo, se diseña la red para la zona, en la cual, además, de los dos vértices descritos, se agrega los vértices RP09 y RP10, los que se construyen por EGV.

El siguiente croquis de la red ilustra la disposición de los vértices en terreno:

- **Post Proceso red EGV ajustada a vértices oficiales**

Del proceso de la información recolectada, mediante el software PINNACLE de TOPCON, se obtiene la calidad de las mediciones realizadas y la consistencia de figura medida. En una primera instancia el ajuste de la red se realiza haciendo la ligazón a partir del vértice del Instituto Geográfico Militar INCA.



A continuación se presenta un cuadro con la información resumida de la calidad obtenida en cada uno de los vértices. El cuadro muestra el vértice medido y los valores RMS o error medio cuadrático de las componentes norte, este y elevación expresadas en milímetros.

PUNTO	Sigmas(mm)		
	s(N)	s(E)	s(U)
INCA	0.0	0.0	0.0
RP09	0.6	0.6	1.8
RP10	0.6	0.5	1.7
VT3-4B	0.4	0.4	1.2

La tabla anterior permite verificar las tolerancias exigidas en las bases de la licitación para la medición de los vértices medidos con GPS, que corresponden a 0,02 m en planimetría y 0,10 m en altimetría.

Las coordenadas obtenidas del procesamiento de las líneas bases y ajuste de la red geodésica, se observan en la siguiente tabla:

RED ATACAMA, AJUSTE VERTICES OFICIAL			
PUNTO	NORTE	ESTE	ALTURA ELIP.
INCA	7041385.386	409230.302	1636.571
VT3-4B	7054631.347	414931.423	1550.420
RP09	7082669.765	439361.452	2276.577
RP10	7072713.923	429039.273	1892.959

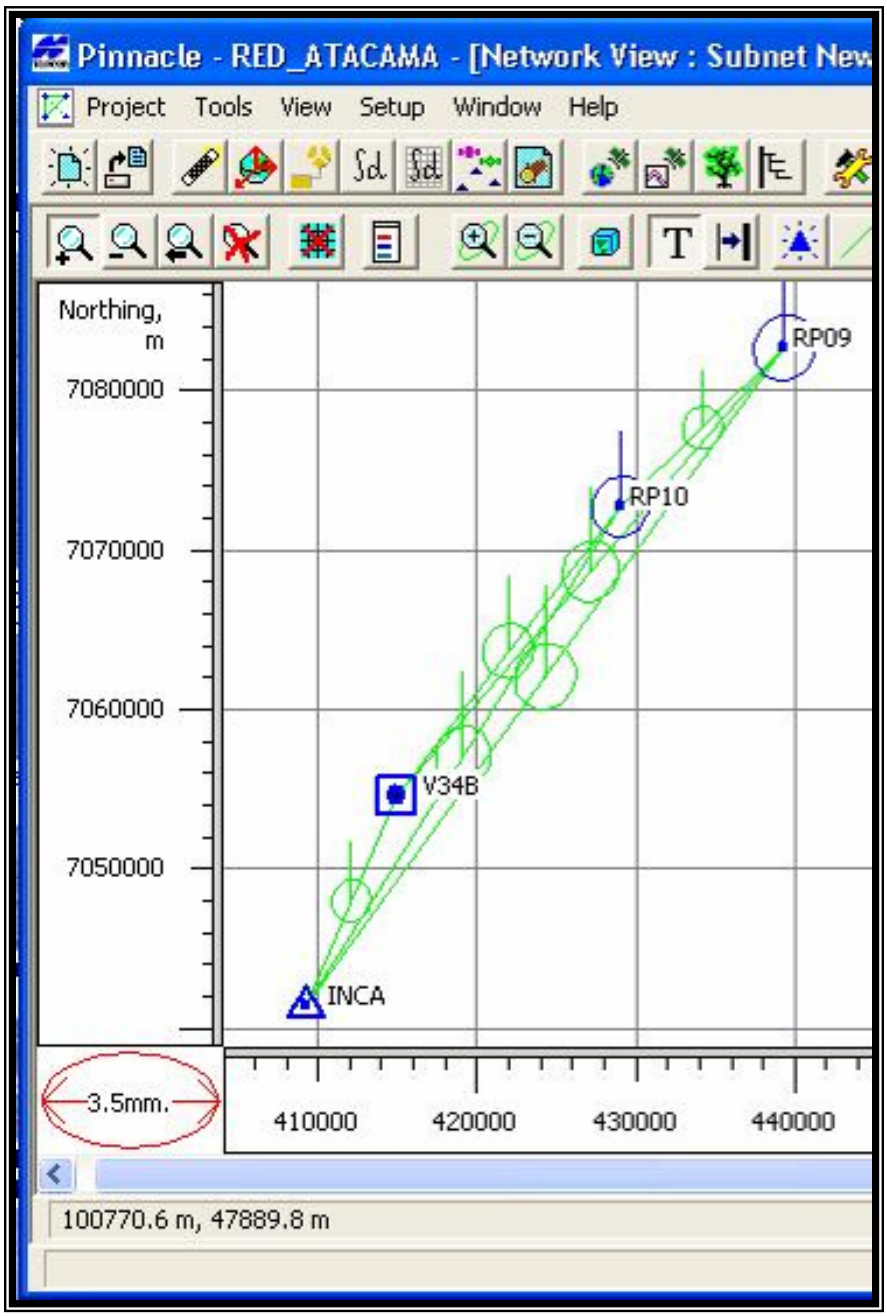
Al obtener y analizar los resultados, se observan discrepancias entre las coordenadas y cotas del vértice VT3-4B creado y medido previamente por Geométrica EIRL. Las diferencias expresadas en milímetros son:

PUNTO	NORTE	ESTE	ALTURA ELIP.
INCA	0.000	0.000	0.000
VT3-4B	1.566	-4.492	0.094

Debido a las diferencias existentes entre los vértices generados por Geometrica EIRL. y los medidos actualmente por EGV, se realiza un nuevo ajuste, con el fin de crear una comunión entre ambos resultados, sin embargo, este ajuste se realiza solamente en elevación, puesto que las diferencias en coordenadas son muy elevadas y se podrian atribuir a un error en la red de medida por Geometrica. Esto implica que se mantienen las coordenadas obtenidas por el procesamiento realizado por EGV y solo se realiza ajuste en elevación.

- **Post Proceso red EGV ajustada a vértices Oficiales y Geometrica EIRL.**

Entonces, el nuevo ajuste realizado a la red, estará vinculado a los vértices INCA del Instituto Geográfico Militar y VT3-4B (solo en elevación) de Geométrica EIRL.



Al realizar el ajuste, se observa una variación en el RMS (error medio cuadrático) del cierre de la figura, de 18 mm a 3.5 mm (como se aprecia en la imagen anterior). En esta ocasión la red solamente fue forzada en elevación, al no considerar las coordenadas de VT3-4B obtenidas por Geometrica EIRL. Los valores de RMS están graficados en el siguiente cuadro:

PUNTO	Sigmas(mm)		
	s(N)	s(E)	s(U)
INCA	0.0	0.0	1.2
RP09	0.6	0.6	1.7
RP10	0.6	0.6	1.5
VT3-4B	0.4	0.4	0.0

Las coordenadas obtenidas del procesamiento de las líneas bases y ajuste de la red geodésica, ligados a los vértices INCA y VT3-4B (solo en elevación), se observan en la siguiente tabla:

RED ATACAMA AJUSTE VERTICES OFICIALES Y GEOMETRICA			
PUNTO	NORTE	ESTE	ALTURA ELIP.
INCA	7041385.386	409230.302	1637.504
VT3-4B	7054631.346	414931.423	1551.351
RP09	7082669.759	439361.448	2277.505
RP10	7072713.919	429039.270	1893.888

Para poder observar de una manera más gráfica las diferencias realizadas entre ambos ajustes, se adjuntan cuadro de coordenadas con ambas vinculaciones, y tabla de diferencias en coordenadas y altura elipsoidal entre el ajuste con vinculación exclusivamente a INCA y el ajuste con vinculaciones a INCA y VT3-4B (en elevación).

CUADRO DE DIFERENCIAS REGION DE ATACAMA						
PUNTO	AJUSTE VERTICE OFICIAL			AJUSTE VERT. OFICIAL Y GEOMETRICA		
	NORTE	ESTE	ALTURA ELIP.	NORTE	ESTE	ALTURA ELIP.
INCA	7041385.386	409230.302	1636.571	7041385.386	409230.302	1637.504
VT3-4B	7054631.347	414931.423	1550.420	7054631.346	414931.423	1551.351
RP09	7082669.765	439361.452	2276.577	7082669.759	439361.448	2277.505
RP10	7072713.923	429039.273	1892.959	7072713.919	429039.270	1893.888

PUNTO	DIFERENCIAS		
	NORTE	ESTE	ALTURA ELIP.
INCA	0.000	0.000	-0.933
VT3-4B	0.002	0.001	-0.932
RP09	0.006	0.004	-0.927
RP10	0.004	0.003	-0.929

Finalmente, se entrega el cuadro de coordenadas completo de la red de apoyo topográfica generada para el tramo de la región de Atacama.

CUADRO DE COORDENADAS FINALES REGION DE ATACAMA						
PUNTO	NORTE	ESTE	COTA ORTOM.	LATITUD	LONGITUD	ALTURA ELIP.
INCA (5)	7041385.386	409230.302	1600.852	26° 44' 45.15424"S	69° 54' 46.11941"O	1637.504
VT3-4B	7054631.346	414931.423	1514.236	26° 37' 35.93748"S	69° 51' 16.52963"O	1551.351
RP09	7082669.759	439361.448	2238.629	26° 22' 29.14009"S	69° 36' 28.25857"O	2277.505
RP10	7072713.919	429039.270	1855.742	26° 27' 51.01977"S	69° 42' 42.71891"O	1893.888

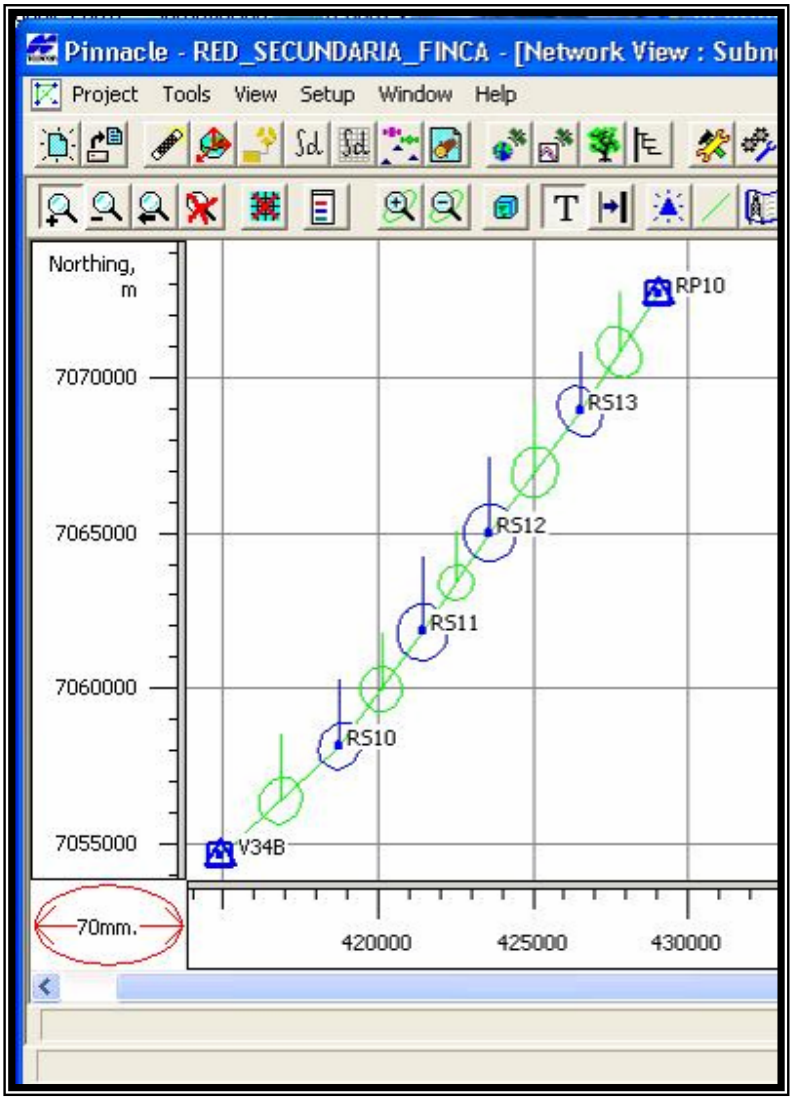
(5). Se observa que INCA modifica las alturas respecto a las del certificado original del Instituto Geográfico Militar, sin embargo, esa situación es solamente con la finalidad de ajustar los trabajos realizados por Geométrica EIRL y EGV, manteniendo una relación coherente en las cotas de los trabajos. Por lo tanto, los valores oficiales de INCA son los entregados por el Instituto Geográfico Militar (el cual no presenta cota ortométrica), y que son los que se presentan en la ficha del punto que se adjunta más adelante.

En el caso del punto generado por geometrica VT3-4B hay que señalar que se modificaron sus coordenadas con respecto a las informadas por la empresa geometrica en julio de 2009, ya que las diferencias encontradas por nuestras mediciones no validan las coordenadas anteriores. Finalmente se le asignan nuevas coordenadas al vertice VT3-4B.

- **Redes secundarias**

Dentro de la red ATACAMA, se hace necesario generar una red secundaria, la cual cumple la función de densificar los puntos de apoyo de la red primaria. Este diseño da la seguridad de gozar de una buena recepción satelital al momento de realizar los levantamientos aplicando el método cinemático.

La red secundaria fue generada entre los vértices VT3-4B y RP10. A continuación se observa el diseño de la red secundaria:

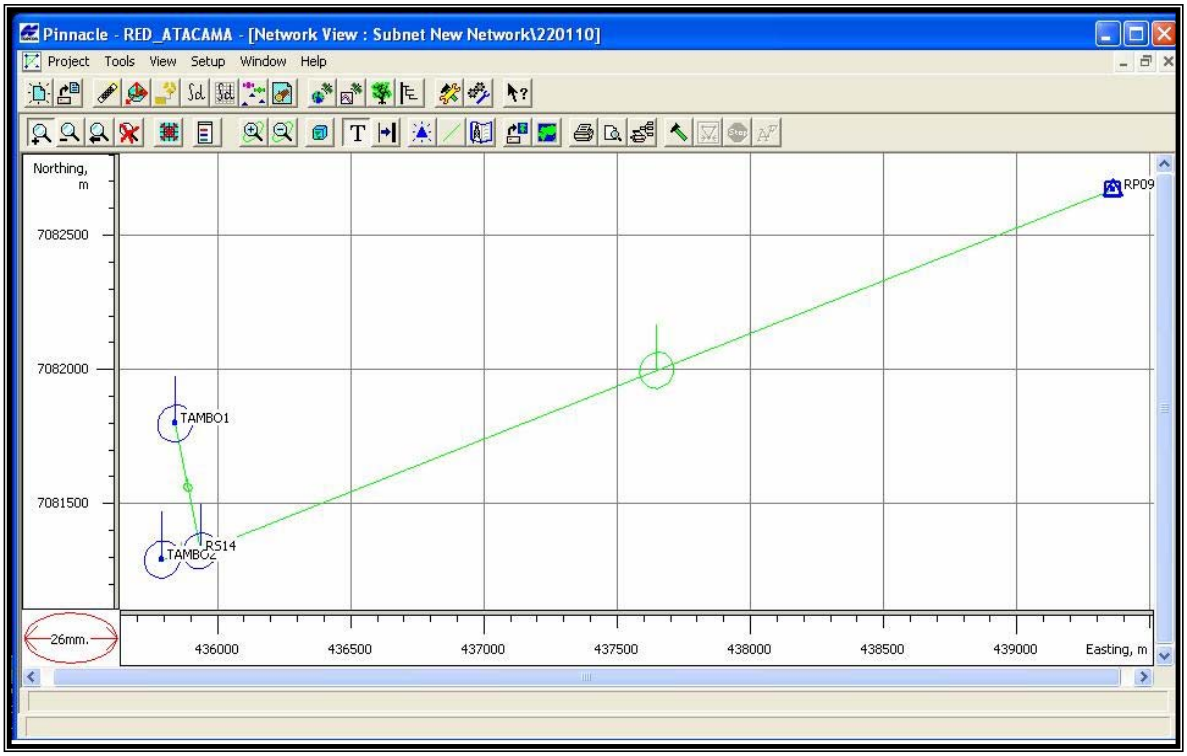


A continuación se presenta un cuadro con la información resumida de la calidad obtenida en cada uno de los vértices de la red secundaria, ajustada entre los vértices VT3-4B y RP10. El cuadro muestra el vértice medido y los valores RMS o error medio cuadrático de las componentes norte, este y elevación expresadas en milímetros.

PUNTO	Sigmas(mm)		
	s(N)	s(E)	s(U)
RS10	10.8	10.0	31.6
RS11	13.1	12.0	36.0
RS12	13.5	12.3	36.7
RS13	11.7	10.3	28.8

La tabla anterior permite verificar las tolerancias exigidas en las bases de la licitación para la medición de los vértices medidos con GPS, que corresponden a 0,02 m en planimetría y 0,10 m en altimetría.

Independiente a esta red secundaria, fue necesario generar un punto cercano al sector del los tambos, para esto se radió desde el vértice RP09 el vértice secundario RS14.



A continuación se presenta un cuadro con la información resumida de la calidad obtenida en el vértice RS14, ajustado a partir de RP09. El cuadro muestra el vértice medido y los valores RMS o error medio cuadrático de las componentes norte, este y elevación expresadas en milímetros.

PUNTO	Sigmas(mm)		
	s(N)	s(E)	s(U)
RS14	4.9	4.7	12.9

La tabla anterior permite verificar las tolerancias exigidas en las bases de la licitación para la medición de los vértices medidos con GPS, que corresponden a 0,02 m en planimetría y 0,10 m en altimetría.

Fianlmente los valores obtenidos del procesamiento de las líneas bases y ajuste de la red geodésica secundaria, se observan en la siguiente tabla:

CUADRO DE COORDENADAS FINALES RED ATACAMA (SECUNDARIA)						
PUNTO	NORTE	ESTE	COTA ORTOM.	LATITUD	LONGITUD	ALTURA ELIP.
RS10	7058142.909	418765.587	1685.954	26° 35' 42.62099"S	69° 48' 57.06753"O	1723.404
RS11	7061806.843	421423.939	1701.539	26° 33' 44.07843"S	69° 47' 20.14491"O	1739.187
RS12	7064997.395	423600.818	1769.661	26° 32' 00.80843"S	69° 46' 00.77712"O	1807.458
RS13	7068916.702	426508.924	1857.218	26° 29' 53.97576"S	69° 44' 14.88247"O	1895.211
RS14	7081322.857	435935.742	1726.476	26° 23' 12.37982"S	69° 38' 32.11779"O	1765.062

- **Fichas de los vértices de la red Atacama**

A continuación se presentan la totalidad de las fichas de cada uno de los vértices medidos y creados, tanto de la red primaria y redes secundarias.

GEOMENSURA	FICHA DEL VERTICE MEDIDO

Identificación Punto	**INCA**
Mandante	SUBDERE
Proyecto	Diagnóstico sobre el estado de situación del Qhapac Ñan en Chile
Levantado por	Alvaro Lopez G.
Preparado por	Rodrigo Jaramillo B.
Revisado por	Esteban Gonzalez V.
Metodología de Medición	GPS ESTATICO
Instrumento	GPS Geodesico L1,L2 MarcaTopcon, mod.Hiper +
N° Serie	3780648
Fecha Medición	NOVIEMBRE 2009

CUADRO DE COORDENADAS		
Sistema Coordenado	UTM SIRGAS, HUSO 19	
Origen de las Coordenadas	SIRGAS, RGN IGM.	
COORDENADAS PLANAS UTM		
NORTE	**ESTE**	**ELEVACION (n.m.m.)**
7041385.386	409230.302	
COORDENADAS GEOGRAFICAS		
LATITUD	**LONGITUD**	**ALTURA (Elipsoidal)**
26° 44' 45.1543" S	69° 54' 46.1194" O	1636.571

FOTOGRAFIAS

GEOMENSURA	FICHA DEL VERTICE MEDIDO

Identificación Punto	**VT3-4B**
Mandante	SUBDERE
Proyecto	Diagnóstico sobre el estado de situación del Qhapac Ñan en Chile
Levantado por	Alvaro Lopez G.
Preparado por	Rodrigo Jaramillo B.
Revisado por	Esteban Gonzalez V.
Metodología de Medición	GPS ESTATICO
Instrumento	GPS Geodesico L1,L2 MarcaTopcon, mod.Hiper Lite
N° Serie	2630900
Fecha Medición	NOVIEMBRE 2009

CUADRO DE COORDENADAS		
Sistema Coordenado	UTM SIRGAS, HUSO 19	
Origen de las Coordenadas	SIRGAS, RGN IGM.	
COORDENADAS PLANAS UTM		
NORTE	**ESTE**	**ELEVACION (n.m.m.)**
7054631.346	414931.423	1514.236
COORDENADAS GEOGRAFICAS		
LATITUD	**LONGITUD**	**ALTURA (Elipsoidal)**
26° 37' 35.93748" S	69° 51' 16.52963" O	1551.351

FOTOGRAFIAS

GEOMENSURA	FICHA DEL VERTICE CREADO

Identificación Punto	**RP09**
Mandante	SUBDERE
Proyecto	Diagnóstico sobre el estado de situación del Qhapac Ñan en Chile
Levantado por	Alvaro Lopez G.
Preparado por	Rodrigo Jaramillo B.
Revisado por	Esteban Gonzalez V.
Metodología de Medición	GPS ESTATICO
Instrumento	GPS Geodesico L1,L2 MarcaTopcon, mod.Hiper +
N° Serie	3780625
Fecha Medición	NOVIEMBRE 2009

CUADRO DE COORDENADAS		
Sistema Coordenado	UTM SIRGAS, HUSO 19	
Origen de las Coordenadas	SIRGAS, RGN IGM.	
COORDENADAS PLANAS UTM		
NORTE	**ESTE**	**ELEVACION (n.m.m.)**
7082669.759	439361.448	2238.629
COORDENADAS GEOGRAFICAS		
LATITUD	**LONGITUD**	**ALTURA (Elipsoidal)**
26° 22' 29.14009" S	69° 36' 28.25857" O	2277.505

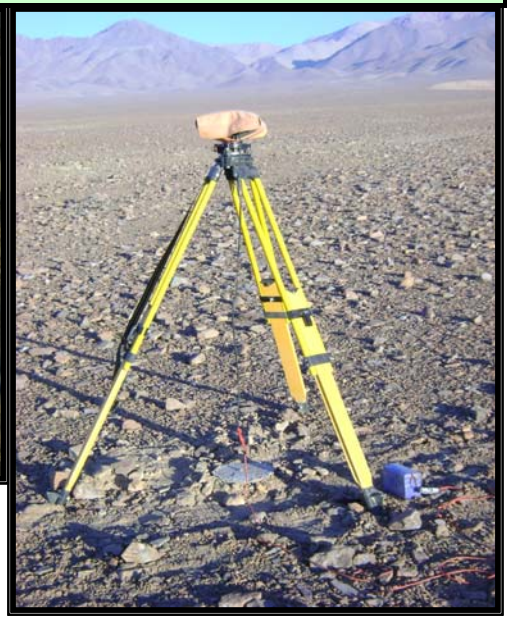
FOTOGRAFIAS

GEOMENSURA	FICHA DEL VERTICE CREADO

Identificación Punto	**RP10**
Mandante	SUBDERE
Proyecto	Diagnóstico sobre el estado de situación del Qhapac Ñan en Chile
Levantado por	Alvaro Lopez G.
Preparado por	Rodrigo Jaramillo B.
Revisado por	Esteban Gonzalez V.
Metodología de Medición	GPS ESTATICO
Instrumento	GPS Geodesico L1,L2 MarcaTopcon, mod.Hiper Lite
N° Serie	2630946
Fecha Medición	NOVIEMBRE 2009

CUADRO DE COORDENADAS		
Sistema Coordenado	UTM SIRGAS, HUSO 19	
Origen de las Coordenadas	SIRGAS, RGN IGM.	
COORDENADAS PLANAS UTM		
NORTE	**ESTE**	**ELEVACION (n.m.m.)**
7072713.919	429039.270	1855.742
COORDENADAS GEOGRAFICAS		
LATITUD	**LONGITUD**	**ALTURA (Elipsoidal)**
26° 27' 51.01977"S	69° 42' 42.71891"O	1893.888

FOTOGRAFIAS



GEOMENSURA	FICHA DEL VERTICE CREADO

Identificación Punto	**RS10**
Mandante	SUBDERE
Proyecto	Diagnóstico sobre el estado de situación del Qhapac Ñan en Chile
Levantado por	Alvaro Lopez G.
Preparado por	Rodrigo Jaramillo B.
Revisado por	Esteban Gonzalez V.
Metodología de Medición	GPS ESTATICO
Instrumento	GPS Geodesico L1,L2 MarcaTopcon, mod.Hiper Lite
N° Serie	2630946
Fecha Medición	NOVIEMBRE 2009

CUADRO DE COORDENADAS		
Sistema Coordenado	UTM SIRGAS, HUSO 19	
Origen de las Coordenadas	Red Primaria Quapac Ñan	
COORDENADAS PLANAS UTM		
NORTE	**ESTE**	**ELEVACION (n.m.m.)**
7058142.909	418765.587	1685.954
COORDENADAS GEOGRAFICAS		
LATITUD	**LONGITUD**	**ALTURA (Elipsoidal)**
26° 35' 42.62099"S	69° 48' 57.06753"O	1723.404

FOTOGRAFIAS

GEOMENSURA	FICHA DEL VERTICE CREADO

Identificación Punto	**RS11**
Mandante	SUBDERE
Proyecto	Diagnóstico sobre el estado de situación del Qhapac Ñan en Chile
Levantado por	Alvaro Lopez G.
Preparado por	Rodrigo Jaramillo B.
Revisado por	Esteban Gonzalez V.
Metodología de Medición	GPS ESTATICO
Instrumento	GPS Geodesico L1,L2 MarcaTopcon, mod.Hiper +
N° Serie	3780625
Fecha Medición	NOVIEMBRE 2009

CUADRO DE COORDENADAS		
Sistema Coordenado	UTM SIRGAS, HUSO 19	
Origen de las Coordenadas	Red Primaria Quapac Ñan	
COORDENADAS PLANAS UTM		
NORTE	**ESTE**	**ELEVACION (n.m.m.)**
7061806.843	421423.939	1701.539
COORDENADAS GEOGRAFICAS		
LATITUD	**LONGITUD**	**ALTURA (Elipsoidal)**
26° 33' 44.07843"S	69° 47' 20.14491"O	1739.187

FOTOGRAFIAS

GEOMENSURA

FICHA DEL VERTICE CREADO

Identificación Punto	**RS12**
Mandante	SUBDERE
Proyecto	Diagnóstico sobre el estado de situación del Qhapac Ñan en Chile
Levantado por	Alvaro Lopez G.
Preparado por	Rodrigo Jaramillo B.
Revisado por	Esteban Gonzalez V.
Metodología de Medición	GPS ESTATICO
Instrumento	GPS Geodesico L1,L2 MarcaTopcon, mod.Hiper +
N° Serie	3783483
Fecha Medición	NOVIEMBRE 2009

CUADRO DE COORDENADAS		
Sistema Coordenado	UTM SIRGAS, HUSO 19	
Origen de las Coordenadas	Red Primaria Quapac Ñan	
COORDENADAS PLANAS UTM		
NORTE	**ESTE**	**ELEVACION (n.m.m.)**
7064997.395	423600.818	1769.661
COORDENADAS GEOGRAFICAS		
LATITUD	**LONGITUD**	**ALTURA (Elipsoidal)**
26° 32' 00.80843"S	69° 46' 00.77712"O	1807.458

FOTOGRAFIAS

GEOMENSURA	FICHA DEL VERTICE CREADO

Identificación Punto	**RS13**
Mandante	SUBDERE
Proyecto	Diagnóstico sobre el estado de situación del Qhapac Ñan en Chile
Levantado por	Alvaro Lopez G.
Preparado por	Rodrigo Jaramillo B.
Revisado por	Esteban Gonzalez V.
Metodología de Medición	GPS ESTATICO
Instrumento	GPS Geodesico L1,L2 MarcaTopcon, mod.Hiper +
N° Serie	3783485
Fecha Medición	NOVIEMBRE 2009

CUADRO DE COORDENADAS		
Sistema Coordenado	UTM SIRGAS, HUSO 19	
Origen de las Coordenadas	Red Primaria Quapac Ñan	
COORDENADAS PLANAS UTM		
NORTE	**ESTE**	**ELEVACION (n.m.m.)**
7068916.702	426508.924	1857.218
COORDENADAS GEOGRAFICAS		
LATITUD	**LONGITUD**	**ALTURA (Elipsoidal)**
26° 29' 53.97576"S	69° 44' 14.88247"O	1895.211

FOTOGRAFIAS

GEOMENSURA	FICHA DEL VERTICE CREADO

Identificación Punto	**RS14**
Mandante	SUBDERE
Proyecto	Diagnóstico sobre el estado de situación del Qhapac Ñan en Chile
Levantado por	Alvaro Lopez G.
Preparado por	Rodrigo Jaramillo B.
Revisado por	Esteban Gonzalez V.
Metodología de Medición	GPS ESTATICO
Instrumento	GPS Geodesico L1,L2 MarcaTopcon, mod.Hiper Lite
N° Serie	2630900
Fecha Medición	NOVIEMBRE 2009

CUADRO DE COORDENADAS		
Sistema Coordenado	UTM SIRGAS, HUSO 19	
Origen de las Coordenadas	Red Primaria Quapac Ñan	
COORDENADAS PLANAS UTM		
NORTE	**ESTE**	**ELEVACION (n.m.m.)**
7081322.857	435935.742	1726.476
COORDENADAS GEOGRAFICAS		
LATITUD	**LONGITUD**	**ALTURA (Elipsoidal)**
26° 23' 12.37982"S	69° 38' 32.11779"O	1765.062

FOTOGRAFIAS

5.- CONCLUSIONES Y COMENTARIOS

Se ha desarrollado un proyecto de Ingeniería capaz de sustentar lo requerido por La Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo del Ministerio del Interior, al estudio “Diagnostico sobre el estado de situación del Qhapaq Ñan en Chile - Registro topográfico de itinerario cultural”, el que será parte conjunta de una Postulación Multilateral del Qhapaq Ñan como sitio del Patrimonio Mundial ante la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, conocida como UNESCO.

Sin duda que una de las mayores problemáticas que se presentaron durante la ejecución del proyecto, fue la no coincidencia en los resultados de los ajustes de las redes con los valores obtenidos en la campaña previa por Geométrica EIRL. Esto produjo que en primera instancia se volviera a medir vectores de la Red de Arica-Parinacota, temiendo que los datos obtenidos de la medición geodésica no fuesen lo suficientemente consistentes. Sin embargo, al volver a calcular se obtuvieron resultados redundantes, lo que permite verificar la óptima calidad de los resultados logrados por EGV.

Además, los valores estadísticos obtenidos en el post-proceso permiten asegurar que la planificación de las medidas geodésicas, fue correcta. Dentro de la planificación se consideran distintos puntos, entre los que se cuentan: tiempos de medición, longitud de líneas base, geometría de las redes, etc.

A pesar del óptimo proceso de obtención de la información geodésica por parte de EGV Geomensura, se debió ajustar a las coordenadas de los vértices de Geométrica EIRL., esto para mantener una concordancia con los trabajos realizados con anterioridad, los cuales no podrían ser modificados, una forma simple de entenderlo, es que al momento de unir las cartografías, éstas tengan un empalme lo bastante coincidente en coordenadas y altura, que permitan asimilar una unidad.

Es preciso tener claro, que siempre existirán discrepancias en los resultados obtenidos por distintos equipos de trabajo, lo que es entendible por distintos factores que podrian influir, entre los que se pueden nombrar la diferencia de equipos GPS geodésicos, operadores, softwares de post-proceso, etc. Sin embargo, estas discordancias siempre se deben mantener dentro de un rango tolerable, dependiendo de los requerimientos del proyecto.

En esta ocasión, se comprobaron divergencias de distintas magnitudes. Algunas de ellas menores, que permitieron validar los resultados de Geométrica EIRL., como también otras mayores, como la red Atacama. Aún así, se realizaron ajustes a los vértices de Geométrica EIRL (cuando las diferencias se encontraron dentro de un rango moderado) para realizar la unificación de los resultados de ambas consultoras.

Un caso especial, fue lo ocurrido en la red primaria de la región de Atacama. Si bien, ambas consultoras realizaron la vinculación desde el mismo vértice del Instituto Geográfico Militar (vertice geodésico INCA), las discrepancias en los resultados del post-proceso fueron elevadas, especialmente en las componentes planas (norte y este). Esto implicó, el mantener los valores obtenidos del ajuste realizado por EGV para las coordenadas norte y este, y solo realizar una vinculación altimétrica al vértice creado por Geométrica EIRL (VT3-4B). Esta decisión, se adoptó después de haber revisado los datos y el post-proceso efectuado por EGV.

Al ser Qhapaq Ñan el camino principal andino, se da la iniciativa en el futuro de unificar toda esta red de caminos altiplanitos sudamericanos relacionados con la cultura Inkaica a lo largo de los seis Países relacionados.

Por otra parte, el poder apreciar y disfrutar el patrimonio cultural chileno, nos lleva a recapacitar en el tema de la preservación de nuestras riquezas ancestrales, las que nos formaron como sociedad y nación. Participar en un proyecto que puede ayudar con la identificación del Qhapaq Ñan, genera un sentimiento de satisfacción, puesto que a partir de la individualización del monumento es posible facilitar la conservación y resguardo de éste. Además, resulta esperanzador pensar que en un futuro cercano, la gran mayoría de la población reconozca el término Qhapaq Ñan y comprenda los alcances que ha tenido en la gestación de nuestra identidad como nación y como habitantes del continente Americano.

Esteban González Vásquez
Gerente General - E.G.V. & Cía. Ltda.